



Institutionen för skogens produkter och marknader

Modeller för brösthöjdsålder för tall och gran

*Prediction models for breast height age for Scots Pine
and Norway Spruce*

Anders Berggren



Institutionen för skogens produkter och marknader

Modeller för brösthöjdsålder för tall och gran

*Prediction models for breast height age for Scots Pine
and Norway Spruce*

Anders Berggren

*Examensarbete 20 poäng, D-nivå i ämnet skogshushållning
Anders Berggren, skogsvetarprogrammet 99/03*

*Handledare SLU: Jacob Edlund
Handledare Skogforsk: Lars Wilhelmsson*

Förord

Detta examensarbete, omfattande 20 poäng på D- nivå i ämnet skoghushållning, ingick som avslutande del i skogsvetarprogrammet. Arbetet utfördes vid Institutionen för Skogens Produkter och Marknader, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppdragsgivare var Skogforsk.

Jag vill härmed tacka alla som på något sätt bidragit till arbetets genomförande. SkogDr Lars Wilhelmsson för stor ämneskunskap och handledning. Handledaren Jacob Edlund, doktorand på Institutionen för Skogens Produkter och Marknader för ideer och problemlösning. Personal på SLU:s försöksparker i Asa, Siljansfors och Vindeln samt övriga markägare vilka tillhandahållit bestånd för undersökningen. Utan ert upplåtande av lämpliga försöksobjekt hade det inte blivit något.

Uppsala 24/5 –04

Anders Berggren

Sammanfattning

Syftet med denna undersökning var att utveckla två typer av modeller för tall och gran. Den ena typen för prediktering av träds stubbdiameter under bark det år de nådde brösthöjd (Dstubh130). Den andra typen för prediktering av årsdifferensen, dvs. antalet tillväxtår mellan stubbhöjd (0.2m) och brösthöjd (1.3m). Den övergripande tanken är att dessa modeller ska fungera som hjälpmedel för att erhålla träds brösthöjdsålder med ledning av antalet årsringar i stubben. Om man vid avverkningstillfället predikterat Dstubh130, erhålls brösthöjdsåldern som antalet årsringar utanför Dstubh130 i stubben. Årsdifferensen kan användas för att beräkna brösthöjdsåldern genom att årsdifferensen subtraheras från total stubbålder. Brösthöjdsåldern kan vid avverkningen exv. användas som ingångsvärde i modeller för prediktion av fiberegenskaper.

För att utveckla modellerna har data från 397 tallar och 465 granar använts. Data hämtades från 43 bestånd med olika ståndortsförutsättningar och uppkomstsätt från 57: e, 60: e och 64: e breddgraderna. De linjära modellerna utvecklades med hjälp av variansanalys (ANOVA).

För båda de utvecklade modelltyperna finns tre nivåer med stigande förklaringsgrad. Nivåerna bestäms av vilka ingångsvärden som finns tillgängliga till modellerna. Förklaringsgraden är ett mått på hur mycket av variationen i Dstubh130 och årsdifferens som kan förklaras med hjälp av modellerna. För nivå 1 med variablerna SI, altitud och temperatursumma var förklaringsgraden för Dstubh130-modellen för tall 1 % och för gran 13 %. I nivå 2 tillförs variabeln uppkomstsätt. Förklaringsgraden ökar för tall till 22 % och för gran till 21 eller 27 % beroende på hur variablerna kombinerades. I nivå 3 används medelårsringsbredd innanför respektive utanför Dstubh130 vilka förklarar 50% av variationen i Dstubh130 för tall. För gran förbättras inte förklaringsgraden för Dstubh130 med dessa variabler. Variationen i årsdifferensen förklaras med hjälp av samma variabler som för Dstubh130. För tall erhålls förklaringsgraderna 34, 66 och 77 % för respektive nivå, för gran 10, 53 och 78 % för respektive nivå. För att medelårsringsbredderna innanför respektive utanför Dstubh130 ska kunna användas som variabler måste Dstubh130-gränsen vara ungefärligt känd för att dessa ska kunna beräknas. Denna gräns kan beräknas med hjälp av Dstubh130-modellerna i nivå 1 eller 2, eller utgöras av respektive trädslags medelvärde för Dstubh130.

Tanken med Dstubh130-modellerna var att rationalisera årsringsräknandet i stubben, då endast årsringarna utanför Dstubh130 behöver räknas för att erhålla brösthöjdsåldern. Med årsdifferensmodellerna krävs total stubbålder. Det man med årsdifferensmodellerna förlorar i rationalisering, vinner denna modelltyp i förklaringsgrad i samtliga fall utom granmodellen i variabelnivå 1. Modellerna i nivå 1 med lägst förklaringsgrad tillför heller inte så mycket information och kan betraktas som överflödiga vid praktisk tillämpning. I dessa fall kan respektive trädslags medelvärde vara ett nog så gott mått på Dstubh130 (tall 24.84, gran 22.52 mm) och årsdifferens (tall 5.7, gran 8.5 år). Modellerna med högre grad av förklaring kan dock vara relevanta för praktisk tillämpning.

Abstract

The purpose of this study was to develop two types of prediction models for Scots Pine and Norway Spruce. The first type for calculation of the stump diameter under bark the year the tree reached breast height (Dstubh130). The second type for calculation of the annual difference, e.g. the number of growth years between stump height (0.2 m) and breast height (1.3 meters above ground level). The primary thought with these prediction models is to obtain the breast height age in the trees on basis of the number of annual rings at stump. If Dstubh130 is predicted when felling the trees, the breast height age calculates as the number of annual rings outside Dstubh130 at stump. The annual difference can be used to calculate the breast height age by subtract the annual difference from total age at stump. Breast height age can be used as an explanatory variable in prediction models for wood properties.

To developing the models, data has been collected from 397 Scots Pines and 465 Norway Spruces. The data was collected from 43 stands with different site conditions and regeneration methods. The stands were selected from the 57th, 60th and 64th latitudes. The linear models were developed by using analyses of variance (ANOVA).

There are three levels with increasing grade of explanation for both types of models. The levels are determined due to what kind of explanatory variables available to be used in the models. The grade of explanation measure how much of the variation in Dstubh130 and the annual difference that can be explained by the models. Level 1, with the explanatory variables site index, altitude and temperature sum were the grades of explanation for the Dstubh130-model for Scots Pine 1 % and for Norway Spruce 13 %. In level 2 when adding the variable regeneration method the grades of explanation increases for Scots Pine to 22 % and for Norway Spruce to 21 % or 27 % depended on how the variables were combined. In level 3 the variable annual ring width inside and outside Dstubh130 explains the variation in Dstubh130 for Scots Pine to 50 %. For Norway Spruce these variables don't increase the grade of explanation for Dstubh130. The variation in the annual difference was explained by the same variables as for Dstubh130. The grades of explanation for Scots Pine were 34, 66 and 77 % for each level respectively, for Norway Spruce 10, 53 and 78 % for each level respectively. When using the annual ring widths inside or outside Dstubh130 as variables, the limit for Dstubh130 need to be approximately known before calculation of the annual ring widths. This limit can be calculated by the Dstubh130-models in level 1 or 2, or be represented by each tree species mean value for Dstubh130.

One thought with the Dstubh130-models was to simplify and rationalize the counting of the annual rings at stump by excluding the inner diameter e.g. Dstubh130. The annual difference models require total age at stump. What type of model used depends on if the objective is simplified annual ring counting or not. What you lose in simplification with the annual difference models, you win in grade of explanation in all levels with exception for the lowest grade Norway Spruce models.

The models with low grade of explanation provides only small amounts of information, and can therefore be seen as unnecessary in practical application. In these cases each tree species mean value can be fair enough measurement for Dstubh130 (Scots Pine 24.84, Norway Spruce 22.52 mm) and annual difference (Scots Pine 5.7, Norway Spruce 8.5 years). The models with higher grade of explanation can however be useful in practical application.

Innehållsförteckning

INLEDNING	8
Syfte	8
Bakgrund	9
Tidigare studier	10
Arbetsgång	11
MATERIAL	11
Bestånd	11
Objekt	12
Träd	13
METOD	17
Statistikteori	17
Statistisk bearbetning	17
RESULTAT	18
Dstubh130	18
Residualplottar för Dstubh130-modellerna	21
Årsdifferensen	23
Residualplottar för årsdifferensmodellerna	25
Praktisk tillämpning	27
DISKUSSION	29
Medelårsringsbredder	29
Enkelhet eller hög förklaringsgrad	31
Påverkan av andra variabler och faktorer	32

Felkällor	33
REFERENSER	37
Litteratur	37
Personligt meddelande.....	38
Internet.....	38
BILAGOR	39
Bilaga 1.....	40
Bilaga 2.....	44
Bilaga 3.....	50
Bilaga 4.....	52
Bilaga 5.....	64
Bilaga 6.....	67
Bilaga 7.....	76

Inledning

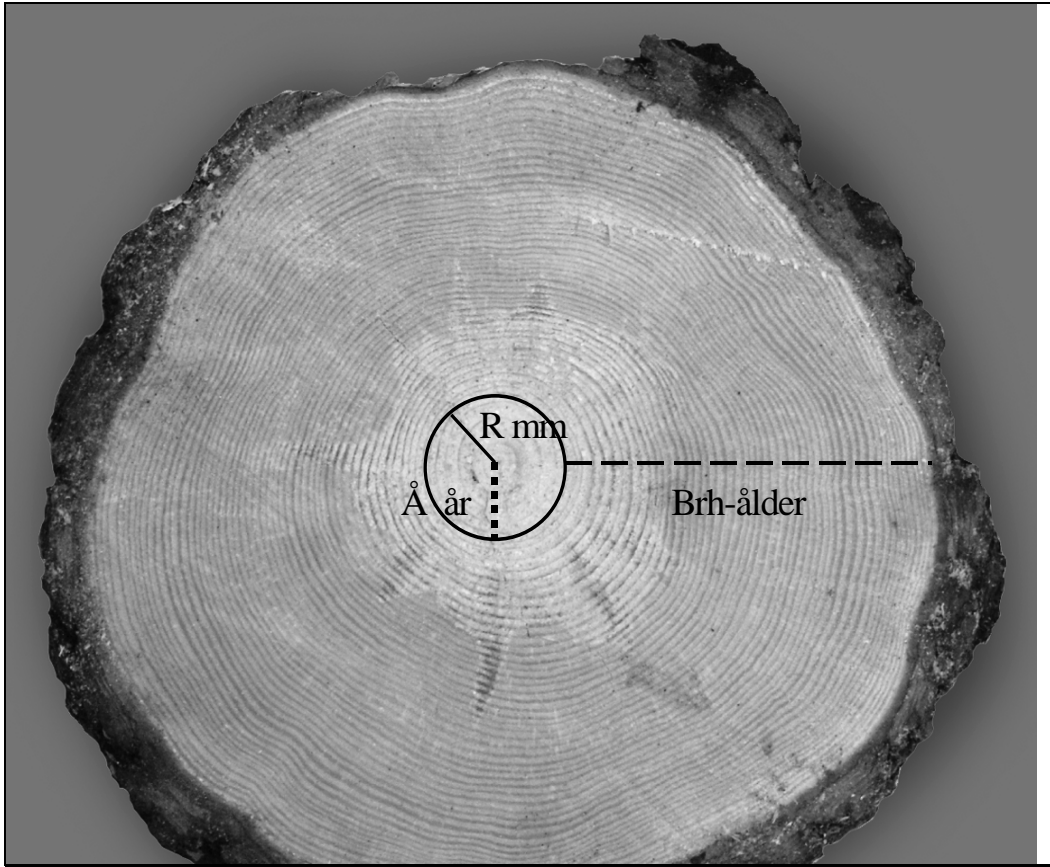
Att kunna förutsäga ett trädets diameter under bark i stubbhöjd då det nådde brösthöjd (1.3m över mark), är av intresse om man söker trädets brösthöjdsålder i samband med avverkning av trädet. På avverkade träd ger årsringarna i stubben stubbåldern. För att från stubbåldern erhålla brösthöjdsålder måste fördelningen av årsringar fastställas, de som vuxit till innan och efter trädet nådde brösthöjd. Därför är trädets diameter under bark i stubbhöjd då trädet nått brösthöjd intressant. Vet man denna "inre diameter" i ett träd vid ett framtida avverkningstillfälle då man har stubbytor att tillgå, är årsringarna från denna inre diameter ut till bark det samma som trädets brösthöjdsålder enligt figur 1.

Denna inre diameter kan kallas Diameter Stubbhöjd 130 centimeter och förkortas Dstubb130. Det är rimligt att tro att den inre diametern har varierande storlek beroende på trädslag, uppkomstsätt, förband dvs. hur tätt träden stått då de växt upp till brösthöjd samt andra ståndorts- och konkurrensförhållanden. För att i praktisk tillämpning kunna förutsäga Dstubb130 är förhoppningen att den delvis ska kunna förklaras med hjälp av enkla ståndortsfaktorer som exempelvis ståndortsindex (SI), latitud och altitud (eller de två variablerna ingående i temperatursumma). Uppkomstsätt och förband kan också ha betydelse för Dstubb130 men kan vara svårare att ha kännedom om vid avverkningstillfället. Sådana uppgifter kan möjligen finnas i en avdelningsbeskrivning eller skogsbruksplan men är kanske inte tillgängliga då träden ska avverkas. Det är därför i första hand lämpligt med ingångsvariabler av mer lättillgänglig art. Ett ytterligare sätt att kunna prediktera Dstubb130 kan vara med hjälp av årsringsbredder på trädet. Dessa kan vara en förklarande faktor.

Att kunna beräkna Dstubb130 kan hjälpa till att förenkla och rationalisera årsringsräknet i stubben för att erhålla brösthöjdsåldern. Om den inre diametern fastställs kan årsringarna innanför denna diametergräns uteslutas. Årsringarna räknas i detta fall enbart utanför diametergränsen vilket kan ge ett snabbare och enklare räkningsförfarande. I annat fall om samtliga årsringar räknas i stubben kan man istället tänka sig att subtrahera årsskillnaden dvs. det antal år det tagit för trädet att växa från stubbhöjd (0.2m) upp till brösthöjd, från den totala stubbåldern för att erhålla brösthöjdsåldern. Rimligen är även årsskillnaden skiftande beroende på var och hur trädet växt.

Syfte

Syftet med examensarbetet var att utveckla modeller för tall och gran för beräkning av, dels trädets stubbdiameter under bark då de nått brösthöjd, dels årsskillnaden. Ingående variabler var ståndortsindex, latitud, altitud, temperatursumma, uppkomstsätt, stammar per hektar, medelårsringsbredder.



Figur 1. Bilden visar ett stubbskär från en tall där cirkeln i ändytans centrum är den inre diametern, $D_{stubh130}$. R är radien, \AA är årsdifferensen, antalet år det tagit att växa från stubbhöjd till brösthöjd. Antalet årsringar utanför $D_{stubh130}$ ut till bark är trädets brösthöjdsålder.

Bakgrund

Bakgrunden till att brösthöjdsåldern är intressant vid avverkningstillfället är att denna kan användas som ingående variabel i funktioner för egenskapsprediktering. Vid Skogforsks forskningsprogram Marknadskrav & råvaruutnyttjande har Wilhelmsson L. (2001), utarbetat sådana funktioner för tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*) i samarbete med STFI (Skogsindustrins Tekniska ForskningsInstitut). Med dessa kan vissa av trädens inre egenskaper predikteras med ingångsvariabler som: brösthöjdsdiameter, aktuell tvärsnitts-diameter, antal årsringar i brösthöjd, antal årsringar i aktuellt stamtvärsnitt, latitud, altitud och temperatursumma. Exempel på träds inre egenskaper är densitet, sommarvedsandel, juvenilvedsdiameter och kärnvedsdiameter vilka i sin tur kan påverka slutprodukternas kvalitet. Exempelvis påverkar ett träds densitet massautbytet ur veden, andelen juvenilved med kortare fibrer har påverkan på pappers olika styrkeegenskaper (Wilhelmsson, L et al 2000). Kärnvedsdiametern är av betydelse då man söker mer rötbeständigt virke. Vid prediktion av kvistegenskaper, fiberdimensioner, formstabilitet

och hållfasthet i rotstockarna kan tillväxthastigheten upp till brösthöjd och utvecklingen från brösthöjd och uppåt vara viktiga ingångsdata. Dessutom används brösthöjdsåldern också vid bonitering med hjälp av höjduitvecklingskurvor.

Den övergripande målsättningen med detta och modellerna utarbetade av Skogforsk är således att kunna förutse virkesegenskaper redan innan eller under avverkningen och därmed att vara ett planeringshjälpmedel. Kan man beräkna råvaruutfallet på ett bra sätt är det lättare att anrika olika råvaruegenskaper bättre anpassade till olika slutprodukter. Det är att se kopplingen mellan sökt kvalitet på slutprodukten och därtill lämplig råvara som eftersträvas. Målet kan sägas vara "rätt råvara till rätt ändamål i rätt tid", genom en integration mellan skog, industri och marknad i ett flödestänkande (Bengtsson, K. et al 1998).

Det enklaste sätt att få reda på träds brösthöjdsålder i en avdelning är om det finns angivet i skogsbruksplan eller avdelningsbeskrivning. Är dessa angivelser korrekta och uppdaterade samt att avdelningen är åldersmässigt homogen kan dessa användas. Man kan också för att erhålla brösthöjdsåldern använda en tillväxtborr och på en borkärna från brösthöjd räkna årsringarna. Denna metod ger, rätt utförd, ett exakt svar på trädets brösthöjdsålder och är lämplig vid exempelvis skogligt inventerings- och planeringsarbete. Om brösthöjdsåldern inte är känd innan avverkningen kan metoden att erhålla den via stubbåldern vara ett tänkbart sätt. För att få den tänkta årsringsräkningen i stubben rationell och förenklad, oavsett om samtliga årsringar räknas, eller bara de utanför Dstubh130 kan denna räkning göras manuellt. En industriell tillämpning av egenskapspredikteringen kan kräva en rationellare metod för skattning av antalet årsringar med exempelvis en scanner eller liknande. Den tekniken är idag tillgänglig via bildanalysprogram, exempelvis WinDendro (Regent instruments 2003) vilket kan tolka och räkna årsringarna. Scanningtekniken finns dock inte på skördarna ännu, men om behovet finns kan det kanske komma i framtiden. En annan variant då kontinuerlig årsringsräkning i stamtvärnsnittet inte är i bruk, är att räkna årsringarna i stubben på några för avdelningen representativa träd i början av avverkningen. Denna åldersbestämning kan sedan ligga till grund för avdelningen i helhet och eventuellt verifieras någon gång under avverkningens pågående. Detta förfarande kan också göras manuellt, eller på ett scanningliknande sätt via digitalkamera och ett årsringsräknande dataprogram. En "optimal" tanke är om dataprogrammet kan programmeras med för avverkningstrakten lämplig Dstubh130, att det utesluter denna diameter och räknar årsringarna utanför. Att kunna förutsäga Dstubh130 eller årsdifferensen kan ses som en liten pusselbit som saknas för att komplettera de tidigare framtagna funktionerna för egenskapsprediktering.

Tidigare studier

Några relevanta fakta har inte gått att finna gällande träds stubbdiameter under bark då de nått brösthöjd eller antalet tillväxtår mellan stubbhöjd och brösthöjd. Det som ligger närmast är de undersökningar som gjordes i samband med utvecklingen av Skogshögskolans boniteringssystem, bonitering med hjälp av höjduitvecklingskurvor (Hägglund, B. 1972, 1973, 1974). I dessa studier kring granar och tallars utveckling upp

till brösthöjd finns uppgifter gällande antalet år mellan brösthöjdsålder och totalålder för övrehöjdsträd beroende på SI och var i landet träden växt. I Riksskogstaxeringens instruktion finns liknande uppgifter om antalet år mellan brösthöjdsålder och totalålder gällande även andra träd än enbart övrehöjdsträd (Anon. 1999). Angående träds höjdtillväxt upp till brösthöjd finns dock undersökningar gjorda, men inget vad gäller deras diameter och diametertillväxt i stubbhöjd (Elfving, B. 2003).

Arbetsgång

Arbetet med att utveckla modeller för Dstubb130 och årsdifferens bestod i huvudsak av två delar. Den första delen var att samla data som modellerna skulle byggas på. Arbetsgång och metod för fältarbetet dvs. datainsamlingen utarbetades tillsammans med uppdragsgivaren. I den andra bearbetningsdelen analyserades insamlade data statistiskt vilket resulterade i de färdiga modellerna. I denna del bidrog förutom uppdragsgivaren även personal vid Institutionen för Skogens Produkter och Marknader samt Institutionen för Biometri och Informatik med rådgivning.

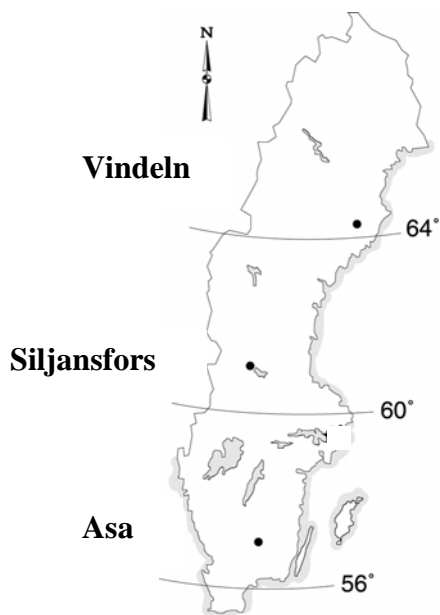
Material

Bestånd

Fältarbetet har utgjorts av en stickprovsundersökning där 397 tallar och 465 granar mätts in och bildat underlag för framtagande av modellerna. Dessa är hämtade från 50 olika stickprovsytor, så kallade objekt och kommer från 43 olika bestånd. Bestånden har valts så att materialet täcker in en stor del av den variation som kan finnas i Sverige vad gäller:

- Latitud: 57: e, 60: e och 64: e breddgraden (figur 2)
- Altitud: olika höjdlägen (gäller främst 64: e breddgraden)
- Ståndortsindex: lågt, mellan och högt SI (för respektive latitud och uppkomstsätt)
- Uppkomstsätt: plantering, självföryngring och skärmföryngring

Materialet har till stor del hämtats från SLU: s försöksparker i Asa, Siljansfors och Vindeln (figur 2). En orsak till att försöksparkerna använts var att fältundersökningen krävde ”ingrepp” i form av nedsågning av träd. En annan orsak var att tre av dessa försöksparker ligger vid lämpliga breddgrader. Även bestånd på Sveaskogs, Holmen skogs, Älvdalens besparingsskogs och Linköpings stifts marker har tagits i anspråk, enligt bilaga 1 och 2.



Figur 2. Prickarna på Sverigekartan markerar SLU: s försöksparker. De flesta objekten är belägna i eller i närheten av dessa.

Utvalda bestånd har varit ganska unga och haft trädhöjder mellan 1.5 och 5 meter, med vissa undantag där träden varit högre. Detta för att få en rimlig arbetsbelastning, minimera spillet med nedsågade träd samt att det gav mer aktuell information om beståndets ungdomsutveckling än alternativet att utnyttja äldre bestånd.

Objekt

Minst ett objekt per bestånd valdes ut och cirkelyteinventerades. I ett fåtal bestånd hämtades två objekt med skilda förutsättningar, exempelvis där båda trädslagen fanns planterade inom samma avdelning. Objektet valdes ut subjektivt i syfte att beskriva en representativ del av beståndet vad gällde trädslag, trädhöjd/grovlek, SI och förband. Cirkelyteobjektets storlek anpassades för att rymma ca 20 levande och utvecklingsbara träd av det trädslag som skulle undersökas. Antalet träd inom varje objekt valdes så att man i undersökningen skulle få med träd representerande olika framtida storleksklasser (härskande, medhärskande och undertryckta).


På ett fältformulär (bilaga 3) angavs för varje bestånd: SI, latitud, altitud, uppkomstsätt och trädslag. Om det fanns uppgifter rörande totalålder, avverkningsår, proveniens, röjningar, hur SI skattats, planteringsår, övrig beståndshistorik mm angavs även dessa. Dessa uppgifter hämtades då antingen från avdelningsregistret för beståndet i fråga, eller via personlig kontakt med representant från försöksparken eller annan markägare för aktuellt bestånd.

För varje objekt angavs:

- SI
- Trädslagsfördelning
- Radie för cirkelytan (objektet)
- Totala antalet träd som växer/vuxit på cirkelytan, dvs. ett mått på hur tätt träden står eller stått

Om beståndet nyligen var röjt och antalet bortröjda träd tydligt framgick, räknades även de bortröjda stammarna in i det totala trädantalet då det kan ha påverkat Dstubb130 och årsdifferens på de kvarvarande inmätta träden.

Bestånden var genomgående för unga och träden för små för att medge bonitering med hjälp av höjdutvecklingskurvor. Bonitering för att bestämma eller verifiera givna SI-uppgifter gjordes i stället enligt interceptmetoden i de fall träden var tillräckligt höga. Genom de trädmått som samlades in erhöles olika mått på trädens tidiga ungdomsutveckling även från de ytor där träden ännu var för små för att kunna boniteras med interceptmetoden. Bonitering med hjälp av ståndortsegenskaper bedömdes som osäkrare än de metoder som beskrivits ovan och uteslöts därför. Transformerings av det bonitetsvisande trädslaget, från T till G eller vice versa i de fall det undersökta trädslaget var något annat än det bonitetsvisande, gjordes enligt Hägglund & Lundmark (1987).

 anledning till att i huvudsak förlita sig till avdelningsregistrets uppgifter var att anpassa typen av indata till förutsättningarna för en praktisk tillämpning av modellerna. Det är mest troligt att det är avdelningsregistrets uppgifter som kommer att användas vid praktiskt bruk.

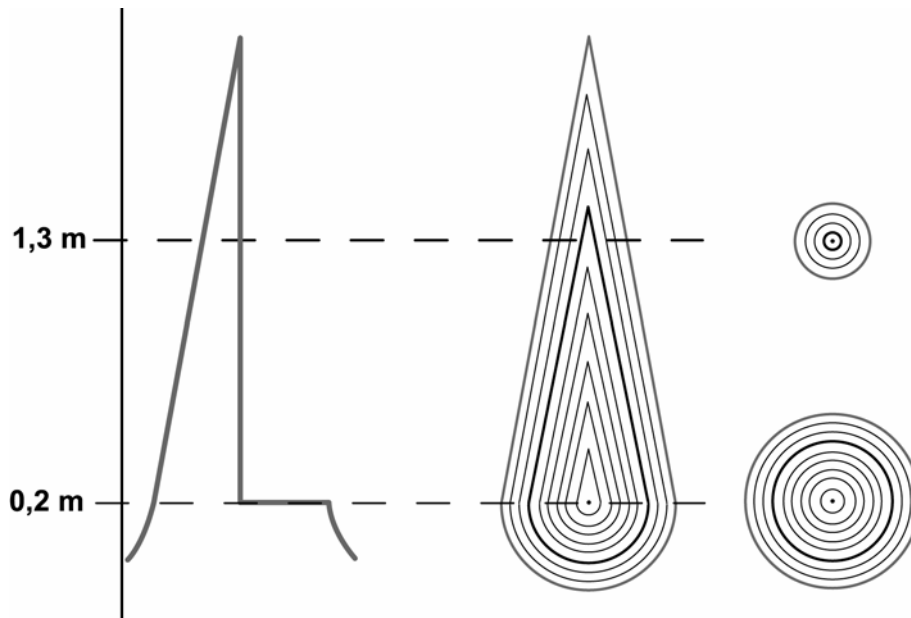
Träd

På träden inom objektet registrerades följande uppgifter:

- Det räknade antalet årsringar i stubbhöjd repektive brösthöjd samt differensen
- Diameter i stubbhöjd och brösthöjd
- Dstubb130
- Trädhöjd

Vid årsringsräkning och diamettermätning i stubbe och brösthöjd uteslöts årets årsring pga. att träden vid mättillfällena inte vuxit färdigt för säsongen och för att förenkla mätförfarandet i tvärsnitten. Trädens diametrar i stubbhöjd och brösthöjd var att anse som stöd- eller hjälpmått. De mättes på mötande kant och avrundades till hela millimeter, exempelvis 7.5 - 8.4 mm blir 8 mm. Dstubb130, vilken var huvudmättet i mätningen, korsklavades och angavs på tiondels millimeter med båda måtten angivna på fältformuläret. Samtliga diametrar mättes med skjutmått.

För att komma åt Dstubh130 räknades först trädets brösthöjdsålder. Brösthöjdsåldern minskat med ett år är detsamma som antalet tillväxtår efter att trädet nått brösthöjd. I stubben subtraherades dessa tillväxtår som tillkommit efter brösthöjd, (brösthöjdsåldern minus ett år) från barken och inåt. Sommarveden i nästkommande årsring inåt utgjorde trädets stubbdiameter under bark då det nådde brösthöjd, se figur 3.



Figur 3. Illustration av en trädstam kluven i centrum längs mårgen. I de högra figurerna markerar de grövre linjerna trädet som det var då det nådde brösthöjd. Den grövre cirkellinjen i stubbhöjd markerar huvudmättet Dstubh130. I detta träd är stubbåldern 9år, brösthöjdsåldern 4år, årsdifferensen 5år.

Trädhöjden var total trädhöjd inklusive årsskottet. Åldersmåten i brösthöjd och stubbhöjd samt årsdifferensen verifierades genom att grenvarven räknades om dessa var tydliga.

Stubbhöjd definieras normalt som 1 % av trädhöjden (Håkansson, 2000). I de utvalda bestånden skulle det ge låga stubbhöjder. För att bättre stämma överens med höjden på stubben vid ett framtida avverkningstillfälle har stubbhöjden i denna undersökning satts till 0,2 meter över mark och brösthöjd är 1,3 meter över mark.

Inom objekten togs träd med i undersökningen om de ansågs som utvecklingsbara, även om de var behäftade med måttliga ”skador och fel” av typen viltbetade, snöbrott, sprötkvistar, dubbeltoppar mm. Träd som bedömdes ”ej utvecklingsbara” uteslöts subjektivt ur stickprovsmaterialet.

Metodiken för fältarbetet inkluderande nödvändiga mått och angivelser utarbetades ihop med uppdragsgivaren. En del i detta var att genomföra en pilotstudie. Pilotstudien genomfördes på Holmen skogs marker innan det egentliga fältarbetet startade.

I tabell 1 & 2 redovisas översiktlig data om objekt och träd från fältundersökningen. Medianvärdet har tagits med endast för Dstubh130 och årsdifferens, då dessa mått är av huvudsakligt intresse. I bilaga 4 finns mer detaljerad data om Dstubh130, årsdifferenser, inre- och yttre medelårsringsbredder uppdelad på olika uppkomstsätt och SI.

Tabell 1. Översiktlig data om objekt och träd. Tall

	Variabel	Medelvärde	Standard- avvikelse	Minvärde	Maxvärde	Median
Objekt	Altitud, möh	210	62	47	355	
	Latitud ° N	61.4	2.8	57.0	64.1	
	Radie, m	5.2	1.6	3.1	10.0	
	SI ¹ , H100	22	3.5	16	30	
	Stam/ha ²	4154	1816	1788	8393	
	Tempsum ³ , dygnsgrader	1037	167	805	1303	
Träd	Brh-diameter, mm	40	29	3	148	
	Brh-ålder, år	9	11	1	68	
	Dstubh130 ⁴ , mm	24.84	6.30	9.95	45.15	24.60
	Marinr ⁵ , mm	2.64	1.35	0.36	10.91	
	Marytt ⁶ , mm	1.64	0.94	0.03	4.75	
	Stubbdiameter, mm	54	28	14	177	
	Stubbålder, år	15	13	4	76	
	Tillväxt ⁷ , cm/år	33.4	12.2	8.9	71.4	
	Trädhöjd, cm	441	262	164	1396	
	Årsdifferens ⁸ , år	5.7	2.9	2.0	27.0	5.0

Tabell 2. Översiktlig data om objekt och träd. Gran

	Variabel	Medelvärde	Standard- avvikelse	Minvärde	Maxvärde	Median
Objekt	Altitud, möh	205	69	47	320	
	Latitud ° N	60.7	3.0	57.0	64.2	
	Radie, m	5.5	2.2	2.0	13.5	
	SI ¹ , H100	24	4	16	30	
	Stam/ha ²	5904	8143	786	45359	
	Tempsum ³ , dygnsgrader	1080	182	805	1312	
Träd	Brh-diameter, mm	26	20	2	140	
	Brh-ålder, år	6	6	1	48	
	Dstubh130 ⁴ , mm	22.52	4.22	13.25	44.00	22.30
	Marinr ⁵ , mm	1.78	0.87	0.27	4.37	
	Marytt ⁶ , mm	1.52	1.04	0.03	5.70	
	Stubb diameter, mm	41	21	14	161	
	Stubbålder, år	15	10	5	69	
	Tillväxt ⁷ , cm/år	27.9	13.7	3.6	82.8	
	Trädhöjd, cm	329	152	140	1137	
	Årsdifferens ⁸ , år	8.5	5.7	3.0	39.0	6.0

¹ Hägglund & Lundmark (1987).

² Stammar per hektar. Beräknas:
 $10000 \cdot \text{stammar inom objektet} / (3.1416 \cdot \text{objektsradien}^2)$.

³ Temperatursumman beräknas:
 $4922 - 60.4 \cdot \text{latitud} - 0.837 \cdot \text{altitud}$. (Dygnsgrader > +5°C). (Morén & Perttu 1995).

⁴ Dstubh130. Medelvärden av korsklavning.

⁵ Medelårsringsbredd innanför Dstubh130. Beräknas: $((\text{Dstubh130}/2)/\text{årsdiff})$.

⁶ Medelårsringsbredd utanför Dstubh130. Beräknas:
 $((\text{Stubb diameter}/2) - (\text{Dstubh130}/2))/(\text{Stubbålder} - \text{Årsdiff})$.

⁷ Tillväxt beräknas: Trädhöjd/Stubbålder, genomsnittlig höjdtillväxt per år.

⁸ Årsdifferensen beräknas: Stubbålder - brösthöjdsålder.

Metod

Statistikteori

Variationsanalys (ANOVA) användes för statistisk analys av insamlad data. Metoden syftar till att dela upp registrerad variation hos beroende variabler på olika variationsorsaker, dvs. oberoende variabler respektive återstående variation (slump, mätfel etc.). De oberoende variablerna ska i denna analys ses som faktorer som beskriver olika förutsättningar för objekten, exempelvis SI, latitud, altitud osv. och faktorer som beskriver de enskilda trädens tillväxt t.ex. medelårsringsbredderna. Dessa oberoende variabler kan genom att anta olika nivåer (t.ex. SI 18,19....30), ha förklarande effekt på den beroende variabeln. Målet är att nå den modell som bäst beskriver den beroende variabeln. De beroende variablerna i denna undersökning är Dstubb130 respektive årsdifferensen.

I bilaga 5 ges en fördjupad beskrivning av den statistiska metodiken.

Statistisk bearbetning

För den statistiska bearbetningen har SAS-system för Windows v6.12 använts och variationsanalysen har utförts med hjälp av SAS-proceduren GLM, General Linear Models. Enstaka och kombinationer av oberoende variabler har provats för att erhålla de bäst lämpade och mest förklarande modellerna. De oberoende variabler som testats är: SI, latitud, altitud, temperatursumma, uppkomstsätt, stammar per hektar och inre- och yttre medelårsringsbredd. Modellernas lämplighet utläses ur den av programmet skapade ANOVA-tabellen. Type III-värdena har använts i analysen då materialet ej är balanserat, dvs. det är inte lika många observationer inom varje försöksyta. I type III beräknar och anpassar programmet Sum of Squares som om det varit ett balanserat försök. Med hjälp av kommandot Solution tar GLM fram ett intercept (μ) och estimat för de ingående oberoende variablerna. μ är en konstant och estimaten fungerar som riktningskoefficienter i den linjära modell som GLM skapar. Den linjära modellen är den matematiska funktion som i praktiskt bruk kan användas för att beräkna den beroende variabeln. Alla oberoende variabler har betraktats som kontinuerliga, utom uppkomstsätt. Uppkomstsätt är en klassvariabel där det inte är någon inbördes ordning mellan de tre olika uppkomstsätten.

Övriga SAS-funktioner som använts är: GLM-proceduren Univariate för att erhålla uppgifter om normalitet; proceduren Means för att erhålla medelvärden mm (tabell 1 och 2); GLM-kommandot output för att beräkna de predikterade värdena och residualerna från variationsanalysen. Från residualerna har residualplottar skapats i Excel.

Programmering och ANOVA-tabeller för modellerna redovisas i bilaga 6. Referenslitteratur i statistiska frågor har varit Olsson & Engstrand 2001 och SAS 2003. Följande personer har tillfrågats för statistiska råd: Edlund (2003), Ekbohm (2003), Lundgren (2003) samt Wilhelmsson (2003).

Resultat

Modeller har tagits fram för tall och gran för att kunna prediktera Dstubh130 och årsdifferens. Dessa redovisas i tre olika nivåer med stigande förklaringsgrad. Nivåerna är anpassade till vilka oberoende variabler som använts i modellerna. De inom varje nivå bäst anpassade modellerna redovisas för Dstubh130 i tabell 3 och 4. Modeller för årsdifferensen redovisas i tabellerna 5 och 6. Den bästa anpassningen har graderats som den modell med högst R^2 -värde och lägst MSe-värde, vilka är mått på modellernas förklaringsgrad. I vissa fall har hänsyn tagits till modellens praktiska tillämpbarhet. I dessa fall har något lägre förklaringsgrad accepterats. I nivån med högst förklaringsgrad används för tre av modellerna inre och yttre medelårsringsbredder som ingångsvariabler. För mer ingående beskrivning av dessa variabler (funktion, användning mm) hänvisas till diskussionen.

För att visualisera hur väl anpassade de olika modellerna är redovisas residualplottar för Dstubh130-modellerna i figur 4 a - f. Residualplottar för årsdifferensmodellerna redovisas i figur 5 a – f. I residualplottarna visar X-axeln de beräknade värden på den beroende variabeln som erhålls med respektive modell utifrån insamlade fältdata. Y-axeln visar residualernas fördelning för de beräknade värdena för de olika modellerna. Anpassningen kan generellt bedömas som ju smalare och närmare nollinjen samt ju mer avlångt residualerna är fördelade desto bättre passar modellen.

För samtliga modeller gäller att de kan ge orimliga resultat för indata som ligger utanför det studerade materialets giltighetsområde enligt tabell 1 och 2, se även diskussionen och bilaga 7.

Dstubh130

I sin enklaste form (Tall (1) och Gran (1)) används information som antas finnas lättillgänglig för de flesta avdelningar. Här användes korsade två-vägsmodeller för båda trädslagen. Variablerna SI och altitud för Tall och SI och temperatursumma för Gran.

Tillförs ytterligare fakta om beståndet sänks MSe-värdet och R^2 -värdet höjs för både tall och gran. Variabeln som tillför ytterligare förklaring är uppkomstsättet. I en hierarkisk modell där uppkomstsättet är ”nested” i övriga variabler ger Tall (2) ett $R^2=0.22$ om variablerna uppkomstsätt och altitud används. En variant på detta är att använda stammar per hektar istället för altitud. Det ger ett $R^2=0.25$ (ej redovisad). I Gran (2) är uppkomstsätt ”nested” i en variabel, temperatursumma. Ett högre R^2 -värde uppnås i Gran (3) genom att uppkomstsättet används ”nested” i mer än en variabel. Dvs. uppkomstsätt ”nested” i SI och temperatursumma var för sig samt i korsningen av de båda.

Den högsta förklaringsgraden för tall erhålls om det finns information om årsringarna. Här har som ytterligare variabel använts medelårsringsbredden innanför och utanför Dstubh130-gränsen i en korsad modell Tall (3). Samma R^2 -värde uppnås med

uppkomstsätt och inre medelårsringsbredd som variabler i en hierarkisk modell (redovisas ej), dock med något högre MSe-värde. 19.99 respektive 20.22. För gran blir förklaringsgraden inget högre med årsringsinformation utan att p-värdet blir för högt för någon av variablerna.

Tabell 3. Modeller Dstubh130 Tall

Modell	Tall (1)	Tall (2)	Tall (3)
Oberoende variabel			
Intercept, μ	-28.214	-5.0466	13.447
SI	2.4139		
Altitud	0.2063		
SI · Altitud	-0.0093		
Uppkom 1 ¹		28.652	
Uppkom 2 ²		35.334	
Uppkom 3 ³		0.0000	
Altitud(uppkom 1)		0.0153	
Altitud(uppkom 2)		-0.0334	
Altitud(uppkom 3)		0.1201	
Marinr			4.6429
Marytt			1.2907
Marinr · Marytt			-0.5881
R ²	0.01	0.22	0.50
MSe	36.08	31.33	19.99
Standardavvikelse	6.01	5.60	4.47
C.V	24.18	22.53	18.00

Tabell 4. Modeller Dstubh130 Gran

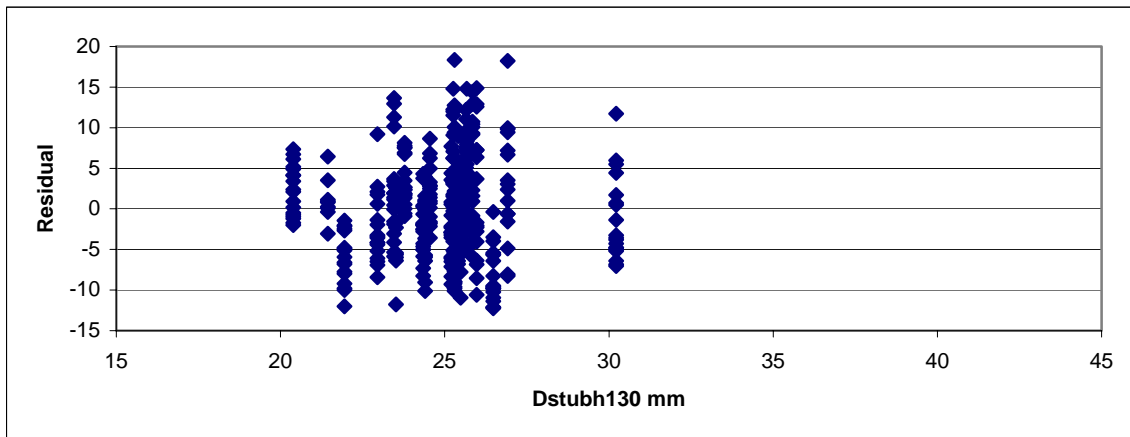
Modell	Gran (1)	Gran (2)	Gran (3)
Oberoende variabel			
Intercept, μ	54.326	20.862	44.518
SI	-0.9216		-0.9891
Tempsum	-0.0328		-0.0236
SI · Tempsum	0.00097		0.0010
Uppkom 1 ¹		5.9623	-26.766
Uppkom 2 ²		18.012	74.793
Uppkom 3 ³		0.0000	0.0000
Tempsum(uppkom 1)		-0.0035	0.0278
Tempsum(uppkom 2)		-0.0144	-0.0621
Tempsum(uppkom 3)		-0.0003	0.0000
SI(uppkom 1)			1.4177
SI(uppkom 2)			-2.6516
SI(uppkom 3)			0.0000
SI · Tempsum(uppkom1)			-0.0013
SI · Tempsum(uppkom2)			0.0022
SI · Tempsum(uppkom3)			0.0000
R ²	0.13	0.21	0.27
MSe	15.67	14.19	13.29
Standardavvikelse	3.96	3.77	3.64
C.V	17.58	16.72	16.18

¹ Uppkomstsätt 1, plantering

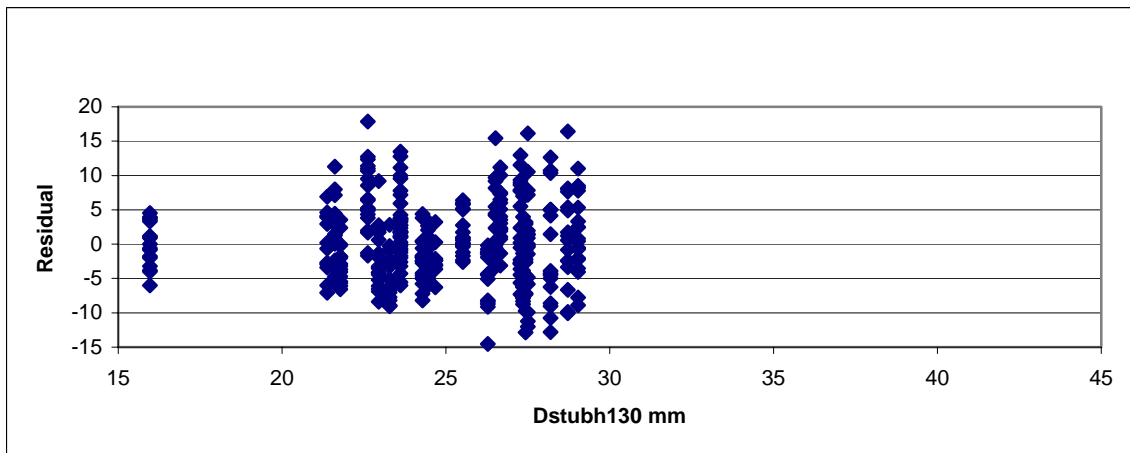
² Uppkomstsätt 2, självföryngring

³ Uppkomstsätt 3, skärmföryngring

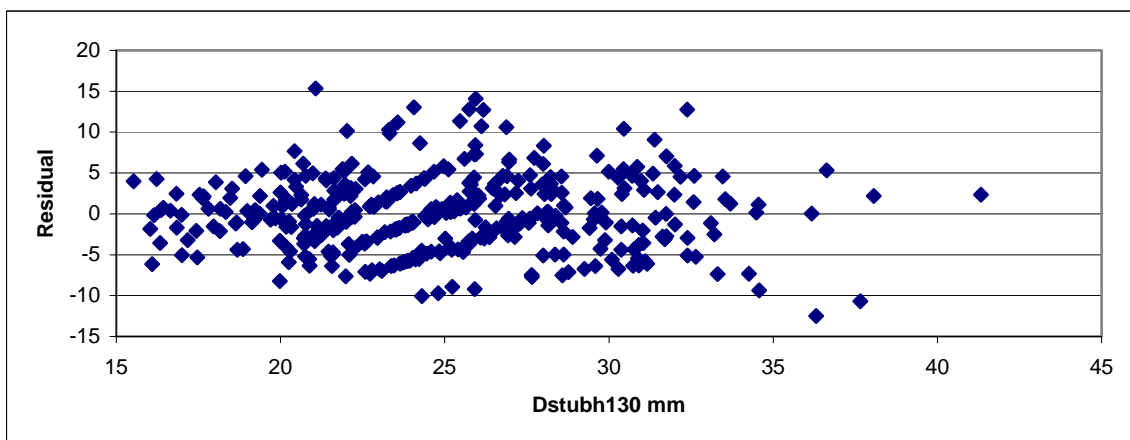
Residualplottar för Dstubh130-modellerna



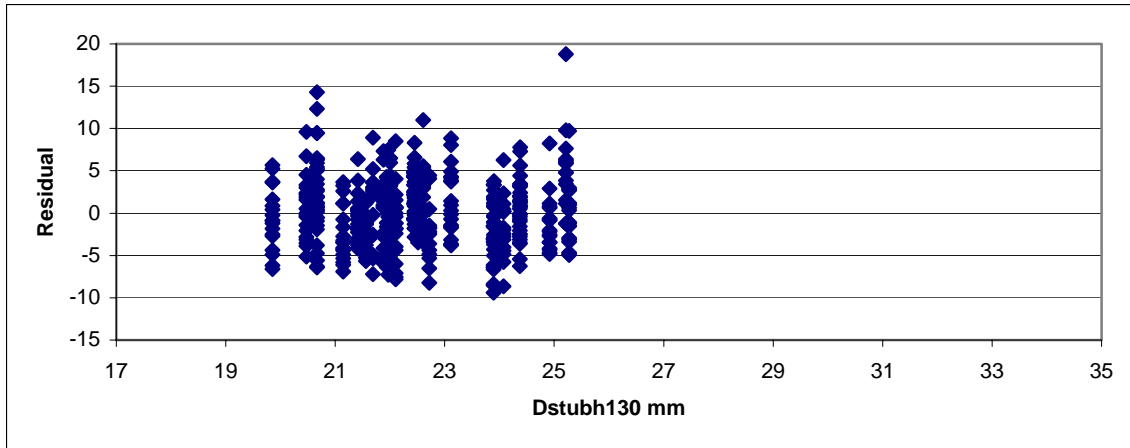
Figur 4 a. Tall 1.



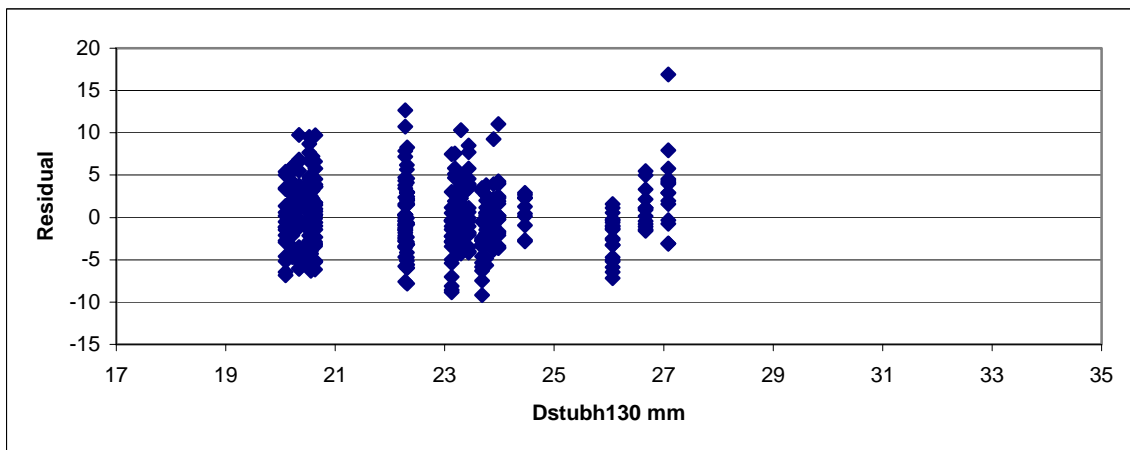
Figur 4 b. Tall 2.



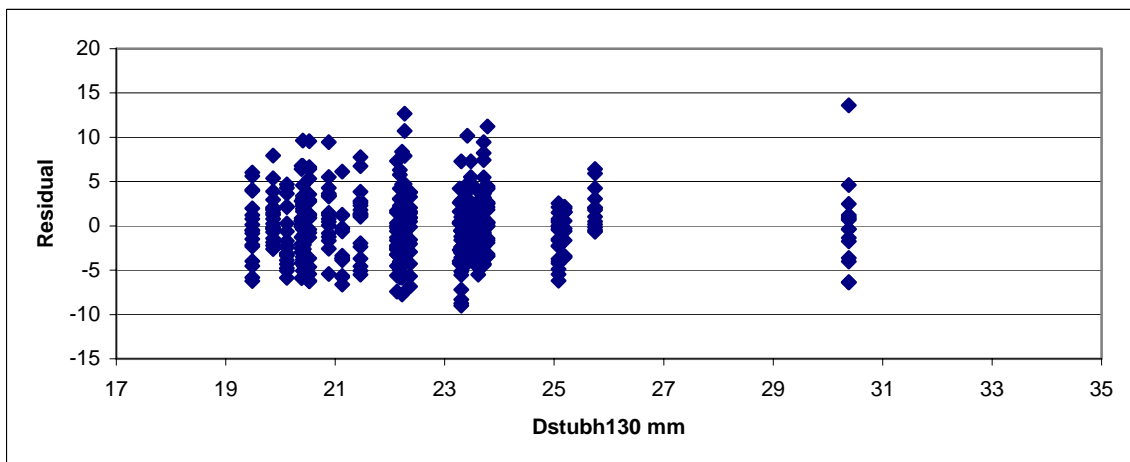
Figur 4 c. Tall 3.



Figur 4 d. Gran 1.



Figur 4 e. Gran 2.



Figur 4 f. Gran 3.

Årsdifferensen

I de enklaste modellerna för årsdifferensen (Tall (4) och Gran (4)) används bara variabeln SI i en envägsmodell för Tall, medan Gran har två variabler, SI och temperatursumma korsade.

Med uppkomstsätt "nested" i övriga variabler ökar förklaringsgraden. För Tall (5) erhålls $R^2=0.66$ med uppkomstsätt och SI. Ett alternativ till detta är att använda uppkomstsätt, SI och temperatursumma med estimat för varje variabel för sig, korsade och nested. R^2 blir något högre 0.69 för detta alternativ, men pga. den förstnämnda modellens jämförelsevis enklare utformning redovisas denna. Gran (5) ger $R^2=0.53$ med uppkomstsätt och altitud. Även för gran har den bästa modellen (uppkomstsätt, SI, temperatursumma och stammar per hektar, $R^2=0.61$) frångåtts på grund av den näst bästa modellens mer praktiska användbarhet.

Med årsringsinformation nås även för årsdifferensen högre R^2 - och lägre MSe-värden. I både Tall (6) och Gran (6) är uppkomstsättet "nested" i SI och inre medelårsringsbredden. Tall (6) ger ett $R^2 = 0.77$. Tillfogas i denna modell även stammar per hektar blir $R^2 = 0.79$. Den varianten redovisas ej pga. den förras enklare utformning.

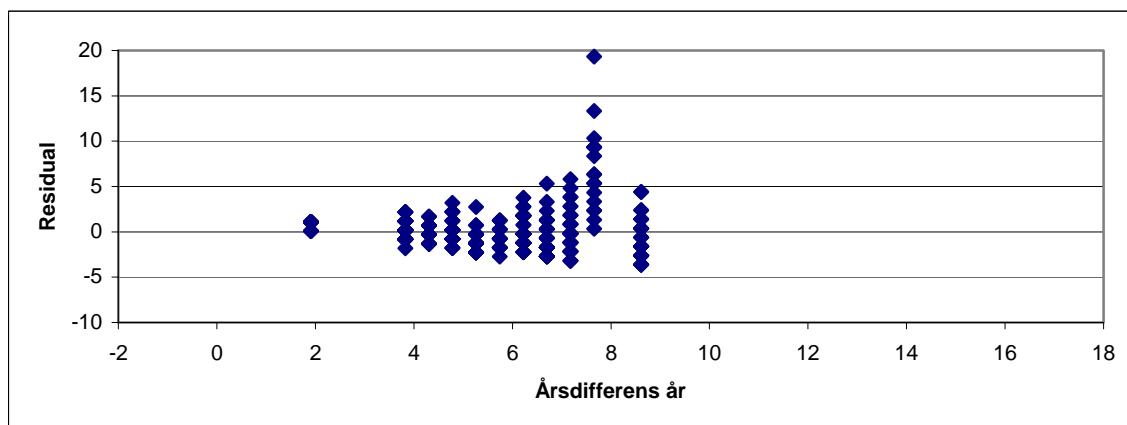
Tabell 5. Årsdifferensmodeller Tall

Modell	Tall (4)	Tall (5)	Tall (6)
Oberoende variabel			
Intercept, μ	16.277	74.794	24.915
SI	-0.4789	-3.3480	-0.3682
Uppkom 1		-65.287	-9.4589
Uppkom 2		-60.663	-8.3339
Uppkom 3		0.0000	0.0000
SI (uppkom1)		3.1294	
SI (uppkom2)		2.9676	
SI (uppkom3)		0.0000	
Marinr			-1.4398
SI · marinr(Uppkom1)			0.0445
SI · marinr(Uppkom2)			0.0374
SI · marinr(Uppkom3)			-0.0992
<hr/>			
R^2	0.34	0.66	0.77
MSe	5.40	2.82	1.89
Standardavvikelse	2.32	1.68	1.37
C.V	40.69	29.39	24.05

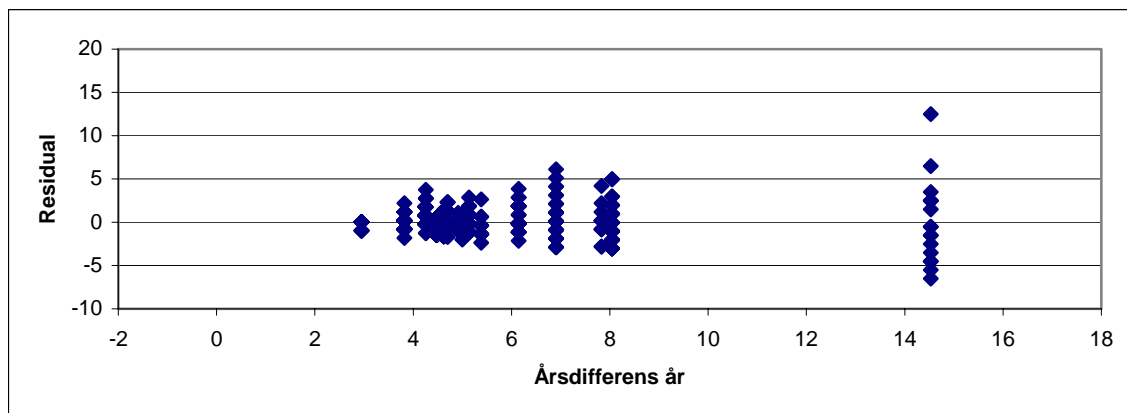
Tabell 6. Årsdifferensmodeller Gran

Modell	Gran (4)	Gran (5)	Gran (6)
Oberoende variabel			
Intercept, μ	53.797	10.586	30.921
SI	-2.4332		-0.4029
Tempsum	-0.0275		
SI · Tempsum	0.0016		
Uppkom 1		-4.3409	-10.101
Uppkom 2		-34.460	-2.0156
Uppkom 3		0.0000	0.0000
Altitud(Uppkom1)		-0.00442	
Altitud(Uppkom2)		0.13846	
Altitud(Uppkom3)		0.01614	
Marinr			-7.4782
SI · Marinr(Uppkom1)			0.2102
SI · Marinr(Uppkom2)			0.0506
SI · Marinr(Uppkom3)			-0.0393
R^2	0.10	0.53	0.78
MSe	29.20	15.25	7.07
Standardavvikelse	5.40	3.91	2.66
C.V	63.39	45.81	31.18

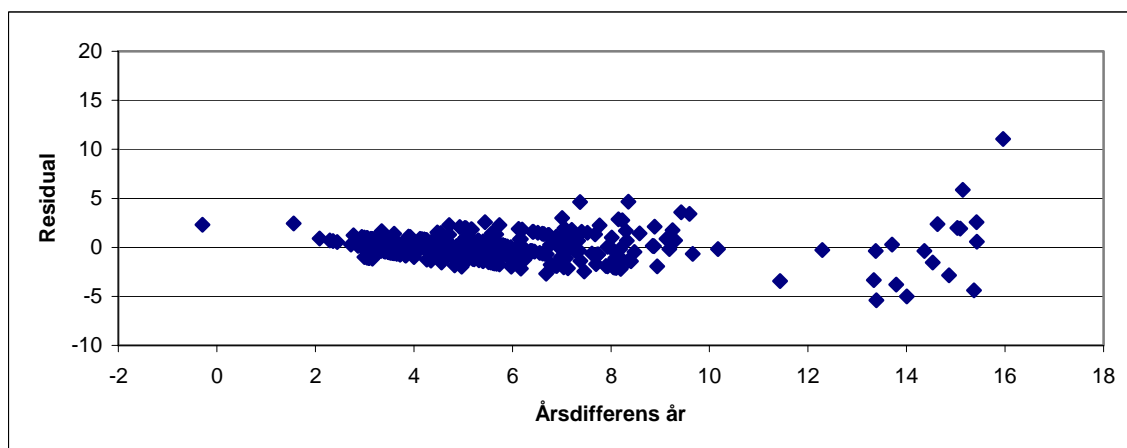
Residualplottar för årsdifferensmodellerna



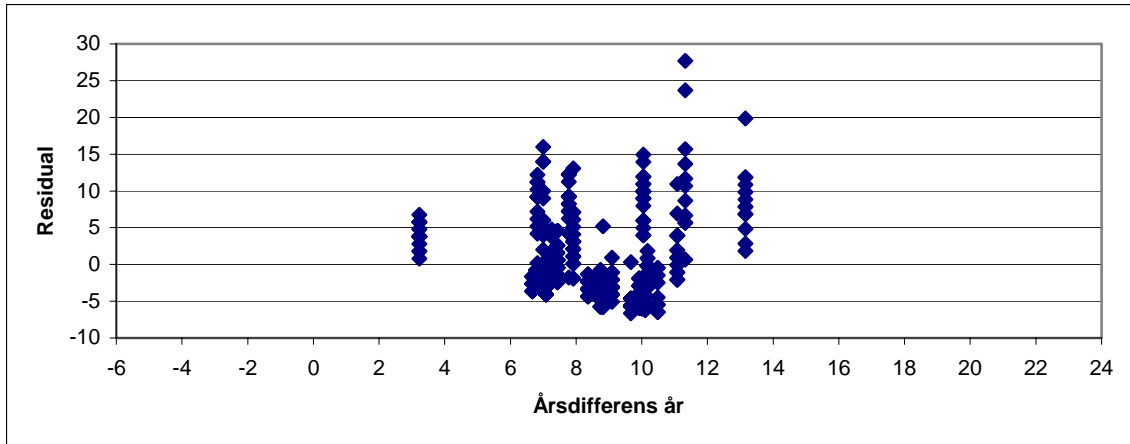
Figur 5 a. Tall 4.



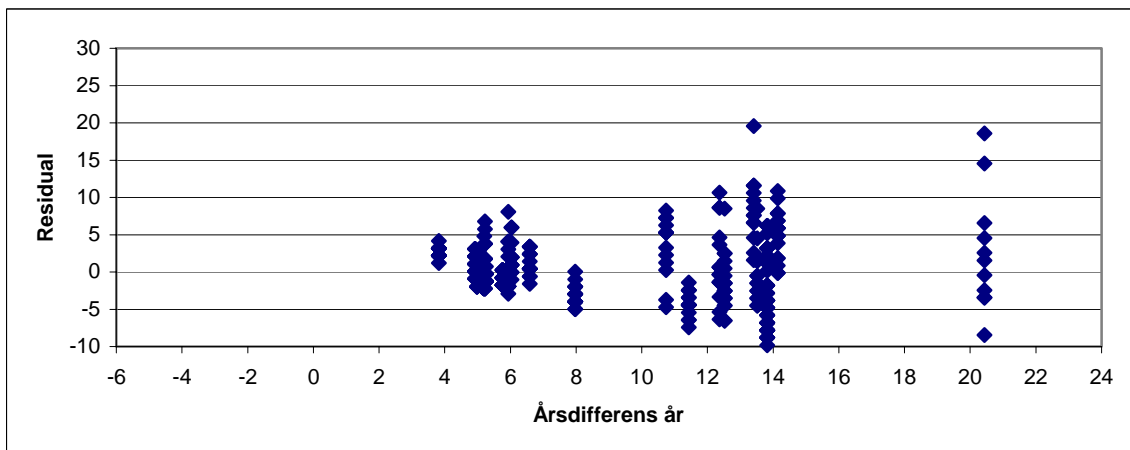
Figur 5 b. Tall 5



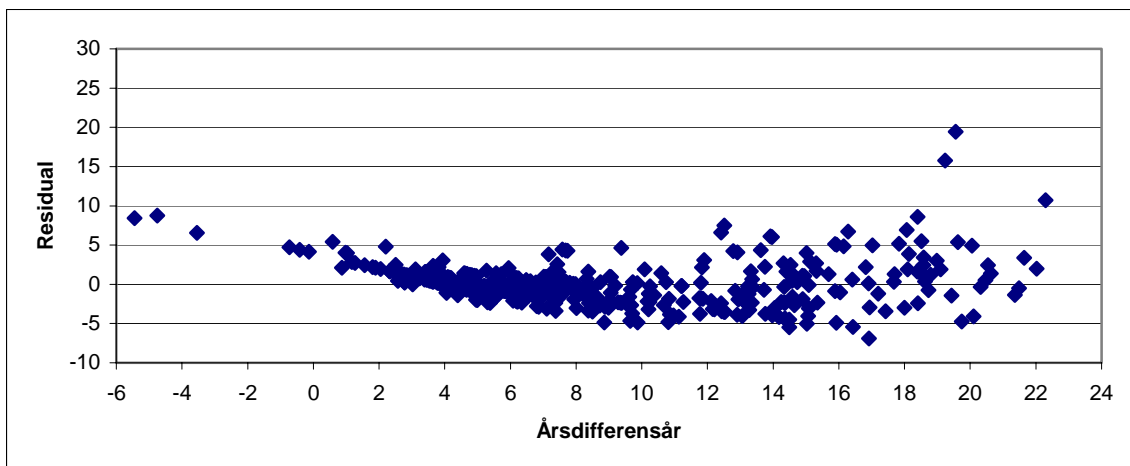
Figur 5 c. Tall 6.



Figur 5 d. Gran 4.



Figur 5 e. Gran 5.



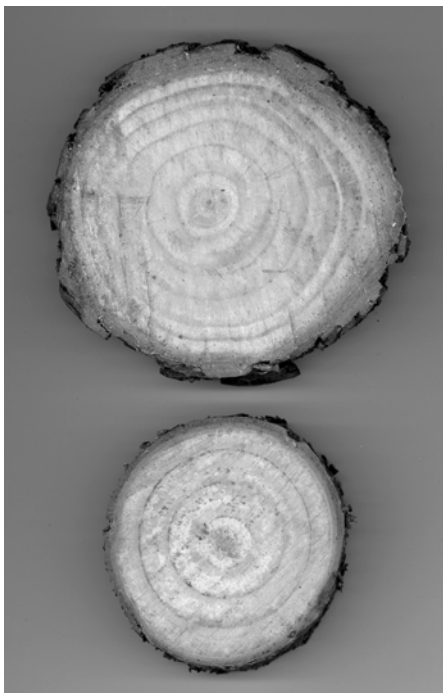
Figur 5 f. Gran 6.

I residualplottarna för årsdifferensen finns tendenser till "trattform", vilket skulle indikera att variansen är olika beroende på olika kombinationer av variabler. Trovärdigheten i dessa modeller kan därför komma att vara något tveksam pga. att MSE inte är ett estimat av någon riktig sann varians. En transformering eller omformning av den beroende variabeln, t ex. logaritmera eller kvadrera den, kan vara ett sätt att stabilisera variansen (Olsson & Engstrand 2001, SAS 2003, Wilhelmsson 2003). Det har dock inte ansetts nödvändigt i detta arbete.

I de modeller (Tall 2, Tall5, Tall6, Gran 2, Gran 3, Gran5 och Gran6) där variabeln uppkomstsätt används blir intercepten och estimaten för uppkomstsätten i modellerna biased, unbiased är inte nödvändigt men att föredra. Det kan förklaras av att estimaten för uppkomstsätten 1 och 2 i dessa modeller behöver korrigeras från interceptet, uppkomstsätt 3 behöver inte korrigeras Det är mer av "tekniska skäl" denna korrigering är nödvändig och bias uppstår. I modellerna Tall 2, Tall5, Tall6, Gran 2, Gran 5 och Gran 6 är det endast estimaten för uppkomstsätten som blir biased, övriga estimat är unbiased. I modellen Gran 3 däremot, blir samtliga estimat biased pga. modellens komplicerade utformning med många estimat. Det bör inte påverka modellen så mycket och är av mindre praktisk betydelse men generellt kan sägas att ju mer komplicerad modell desto mer bias (Ekbohm, 2003).

Praktisk tillämpning

För att praktiskt använda modellerna ges i figur 6 ett exempel på material från fältundersökningen. Från detta träd och objekt hämtas ingångsdata för att se vilka predikterade mått som erhålls med de olika modellerna. I bilaga 7 finns exempel på möjliga praktiska tillämpningar av modellerna på nivå 2 och 3 för Dstubh130 och årsdifferens. Tabellerna i bilagan kan ses som hjälpmedel för att göra rimlighetsbedömningar av vad modellerna ger för resultat.



Data för detta träd och objekt:

- Altitud 240 m
- Latitud 57.2
- Temperatursumma 1300
- SI T26
- Objektsradie 3.2 m
- Träd inom objektet 27
- Planterad tall
- Stubbdiameter 53 mm
- Stubbålder 7 år
- Brösthöjdsdiameter 35 mm
- Brösthöjdsålder 3 år
- Årsdifferens 4 år
- Trädhöjd 352 cm
- Dstubh130 $34.8/37.0 = 35.9$ mm
- Dstubh130 medelvärde för hela objektet 29.5 mm.
- Årsdifferens medelvärde för hela objektet 3.65 år.

Figur 6 Stubb- och brösthöjdstrissor från tredje inmätta trädet, objekt nr 45 Karlgrundsvägen, Asa försökspark. Objektet finns i en avdelning som fungerar som försöksyta för Skogforsk.

Dstubh130-modeller:

$$\text{Tall (1). } -28.214 + 2.4139 \cdot 26 + 0.2063 \cdot 240 - 0.0093 \cdot 26 \cdot 240 = 26.04 \text{ mm.}$$

$$\text{Tall (2). } -5.0466 + 28.652 + 0.0153 \cdot 240 = 27.27 \text{ mm}$$

$$\text{Tall (3). } 13.447 + 4.6429 \cdot ((35.9/2)/4) + 1.2907 \cdot (((53/2) - (35.9/2))/(7-4)) - 0.5881 \cdot ((35.9/2)/4) \cdot (((53/2) - (35.9/2))/(7-4)) = 30.44 \text{ mm}$$

Årsdifferensmodeller:

$$\text{Tall (4). } 16.277 - 0.4789 \cdot 26 = 3.83 \text{ år}$$

$$\text{Tall (5). } 74.794 - 3.3480 \cdot 26 - 65.287 + 3.1294 \cdot 26 = 3.82 \text{ år}$$

$$\text{Tall (6). } 24.915 - 0.3682 \cdot 26 - 9.4589 - 1.4398 \cdot ((35.9/2)/4) + 0.0445 \cdot 26 \cdot ((35.9/2)/4) = 4.61 \text{ år}$$

Diskussion

Att prediktera Dstubb130 och årsdifferens med hjälp av enkelt tillgängliga ingångsvariabler ger inte så höga förklaringsgrader för något av trädslagen, med undantag av modellen Tall (4). För att det ska vara meningsfullt att använda modellerna praktiskt krävs att man åtminstone känner till uppkomstsättet. För årsdifferensmodellerna ger det förklaring på mer än 50 %, vilket får anses bra. Förhoppningsvis finns uppgiften om uppkomstsätt tillgänglig, det kan eventuellt synas om beståndet är planterat eller uppkommet på något annat sätt i 1: a och 2: a gallringar. Med tiden blir det allt mer utsuddat och diffust och därmed en osäkerhetsfaktor. Bästa sättet att beräkna Dstubb130 för tall görs med medelårsringsbredder som ingående variabel. För årsdifferensen ger medelårsringsbredder mycket höga R^2 -värden för båda trädslagen. Modellerna för årsdifferensen kan eventuellt vara något överskattade pga. möjliga variansskillnader, trattformen på residualplottarna tyder på detta.

I flera fall har praktisk tillämpning av modellerna och modellernas enkelhet fått förtur till förmån för högsta förklaringsgrad, exempelvis för Tall (5). I de övriga fallen Tall (2), Tall (6), Gran (5) är orsaken, förbandet, omräknat till stammar per hektar. Den variabeln tillför ökad förklaring till dessa modeller, men har uteslutits mest pga. svårigheten att känna till denna uppgift vid avverkningen. En annan anledning till att denna uppgift uteslutits är att de förbandsuppgifter som samlats in från objekten är ofullständiga eller osäkra som mått på hur det var då träden växte upp till brösthöjd. Siffran om stammar per hektar gäller för hur det var vid mättillfället. I vissa bestånd hade röjning skett både en och två gånger, i andra inte alls. I något fall gick det dock att räkna bortröjda stammar. I vissa bestånd komplicerade lövsly skattningen. Där fanns således svårigheter att ge en bra siffra på antalet stammar då dessa bortröjda eller kommande träd kan ha haft inverkan på både Dstubb130 och årsdifferensen. Att vid avverkningen ha information om förbandet då träden växte upp till brösthöjd är knappast troligt. Speciellt som det redan nu var problem att veta siffran i objekten, trots att skogen där är relativt ung. Uppkomstsättet och förbandet är således viktiga ingångsvariabler för både Dstubb130 och årsdifferensen. Det kan vara incitament till att ha dessa uppgifter tillgängliga i en avdelningsbeskrivning eller liknande, och att de finns åtkomliga vid avverkning.

Medelårsringsbredder

Medelårsringsbredden är den variabel som ger högst förklaring i modellerna. Att den inre medelårsringsbredden ger positiv inverkan på modellerna är lätt att förstå, då det återspeglar tillväxten upp till brösthöjd. Den yttre medelårsringsbredden borde inte ha något samband med tillväxten upp till brösthöjd, då det tillkommit efter att denna höjd passerats. Eftersom denna variabel gav något ökad förklaring (jämfört med inre medelårsringsbredd och uppkomstsätt) för Tall (3) så säger den ändå något om tallarnas tillväxtförhållanden just när brösthöjd nås och strax efter. Det kan kanske röra sig om trängselverkan (förbandet).

Att få fram medelårsringsbredd kräver dock mätningar. Det kan tyckas vara en omständlig metod att räkna fram dessa för att bättre kunna förutse den beroende variabeln. Variablerna medelårsringsbredd innanför och utanför Dstubh130 kan i praktisk tillämpning även vara svåra att mäta, då vetskap om Dstubh130 krävs för att skilja på medelårsringsbredden innanför respektive utanför denna gräns. Det finns två sätt att erhålla Dstubh130-gränsen. Det första och bästa sättet, som kan rekommenderas, är att utnyttja Dstubh130-modellerna i ett tvåstegsförfarande. Dstubh130 beräknas med de ingångsdata som finns tillgänglig för beståndet, för nivå 1 eller helst enligt nivå 2 med uppkomstsätt. Det ger en godare skattning av Dstubh130, än bara ett medelvärde av den inre diametern. Med hjälp av denna beräknade Dstubh130-gräns beräknas sedan inre- och yttre medelårsringsbredd, vilka kan användas i nivå 3-modellerna. Det andra sättet är att utgå från en påhittad imaginär sådan gräns, exempelvis ett litet mått av Dstubh130 hämtad från fältdatan eller medelvärdet för trädslaget i fråga. En annan variant att erhålla en imaginär inre diametern är med hjälp av ett antal årsringar, exempelvis ett lågt tal eller medeltalet/medianvärdet av årsdifferensen. Det antalet räknat från mörgen ger också en inre diameter. Med hjälp av denna imaginära gräns kan inre- och yttre medelårsringsbredd beräknas, och därefter användas i nivå 3-modellerna. Inre- och/eller yttre medelårsringsbredd används i årsdifferensmodellerna i nivå 3 för högsta förklaringsgrad eller i modellen Tall (3) för en korrigerande beräkning av Dstubh130. Förklaringsgraden blir troligen inte lika hög vid praktisk tillämpning av medelårsringsbredder som variabler. Modellerna är byggda kring en känd Dstubh130-gräns i materialet. I ett praktiskt förfarande med beräknad eller imaginär Dstubh130-gräns, blir exaktheten kring denna gräns inte densamma. Att beräkna medelårsringsbredder utifrån dessa förutsättningar ger sannolikt något lägre noggrannhet.

Vid beräkning av yttre medelårsringsbredd, som bara används i Tall (3), vid framtida avverkning kan mätningen behöva begränsas utåt, exempelvis till 1-2 cm eller 5-8 årsringar utanför den imaginära eller beräknade Dstubh130. Det för att passa yttre medelårsringsbredderna inmätta i denna undersökning och som modellerna bygger på. I materialet är den yttre medelårsringsbredden för tall beräknad från i medeltal 14.71 mm, respektive 8.3 år utanför Dstubh130 och för gran från i medeltal 9.22 mm, respektive 5.2 år utanför Dstubh130. Sker yttre medelårsringsberäkningar längre ut än dessa begränsningar är de utvecklade modellerna inte anpassade till detta, eftersom träden kan ha påverkats av andra saker som röjningar och gallringar osv.

Medelårsringsbredd innanför Dstubh130 kan även ge ledning om vilket uppkomstsättet varit för träden i ett bestånd, om man inte känner till det sedan tidigare. I bilaga 4 finns figurer över inre- och yttre medelårsringsbredder uppdelade per uppkomstsätt och SI. För tall kan uppkomstsättet möjligen antas om man beräknar inre medelårsringsbredden för ett antal träd inom en avdelning. Erhålls ett värde i närheten av något av de redovisade för de olika uppkomstsätten i figur 9, kan man förmoda att uppkomstsättet är just detta. Det är tämligen klara skillnader i inre medelårsringsbredd för tall mellan de olika uppkomstsätten: Plantering 3.392 mm, Självföryngring 2.135 mm och Skärmföryngring 0.929 mm. För gran är inte skillnaderna lika tydliga: Plantering 1.856 mm, Självföryngring 1.613 mm och Skärmföryngring 0.950 mm. För gran är skillnaden istället något större mellan uppkomstsätten i den yttre medelårsringsbredden. Att utnyttja

medelårsringsbredder för att fastställa uppkomstsättet kan vara tänkbart åtminstone för tall. För tall är sambanden också klarare mellan årdsifferens eller medelårsringsbredder uppdelade med avseende på SI än för gran. För tall minskar årdsifferensen med stigande SI för i stort sett alla SI utom för T18. Tallens medelårsringsbredder ökar med stigande SI för i stort sett alla SI utom T18, T24 och T25. För gran däremot finns inga tydliga tendenser alls för årdsifferens eller medelårsringsbredder med avseende på SI. Det som dock kan utläsas i dessa figurer 10, 11, 24 och 25 är att ju större årdsifferens desto mindre medelårsringsbredd för respektive SI. Att fastslå uppkomstsättet med hjälp av medelårsringsbredder per SI verkar vara en alltför osäker metod.

Medelårsringsbredder kan således eventuellt användas för att försöka fastslå ett uppkomstsätt för att användas i nivå 2-modeller. Om tanken med det är att nivå 2-modellerna ska ge en Dstubb130-gräns för att kunna beräkna inre- och yttre årsringsbredder har man inte vunnit något. Då mäter man årsringsbredder enligt en Dstubb130-gräns man erhållit med hjälp av årsringsbredder i första skedet. En rundgång utan att någon förbättring erhållits, ett förfarande utan praktiskt behov.

Trots att medelårsringsbredderna ger hög förklaringsgrad och att man eventuellt kan bestämma uppkomstsättet med hjälp av medelårsringsbredder, inställer sig frågan hur mycket en felbedömning i medelårsringsbredden återspeglas i årdsifferens, Dstubb130 eller uppkomstsätt? Detsamma gäller SI som, även om det inte felbedöms, kan variera en del inom en avdelning vilket eventuellt kan ha påverkan på den oberoende variabeln. En kompletterande studie med känslighetsanalys kan ge svar på den frågan. Även en validering av modellerna är nödvändigt för att kunna konstatera deras tillförlitlighet. Dvs. en jämförelse mellan de mått som erhålls på Dstubb130 och årdsifferens beräknade med modellerna och verkliga mått från ett antal träd hämtade utanför materialet. En sådan validering ger ett mått på modellernas praktiska noggrannhet.

Att beräkna medelårsringsbredderna manuellt för praktisk tillämpning är heller inte vidare rationellt, här kan nog scanningtekniken vara till hjälp. En stor fördel med dessa variabler är att de alltid finns tillgängliga på träden.

Residualplottarna för Tall (6) och Gran (6) visar negativa värden för de beräknade värdena enligt X-axeln. I dessa modeller är estimaten för SI och inre medelårsringsbredd negativa, alltså kan det bli negativt värde på den beroende variabeln vid höga SI-angivelser eller breda årsringar. Här är modellerna inte helt överens med verkligheten då det måste ta en viss tid att växa från 0.2 till 1.3 m.

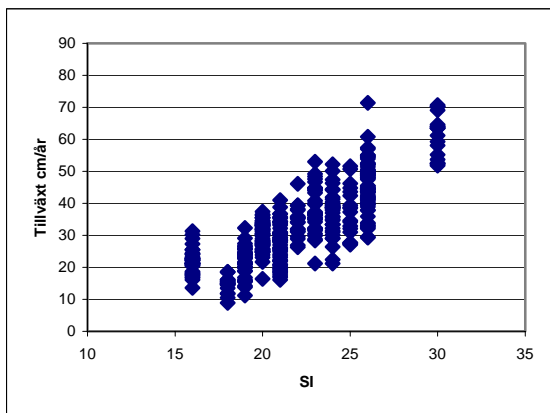
Enkelhet eller hög förklaringsgrad

Det är mycket en fråga om enkelhet. Är det mycket enklare och rationellare att räkna årsringarna i stubben endast utanför Dstubb130? Total stubbålder kombinerat med årdsifferensmodellerna är ett bra alternativ då de har högre förklaringsgrader, jämfört samma nivåer av ingångsvariabler, utom i ett fall (Gran (4) jämfört Gran (1)). Enkelheten kan också beaktas då det gäller modeller av båda modelltyperna med låga R^2 -värden. Är det värt mödan att beräkna något med dessa modeller? Då dessa inte ger så hög förklaring

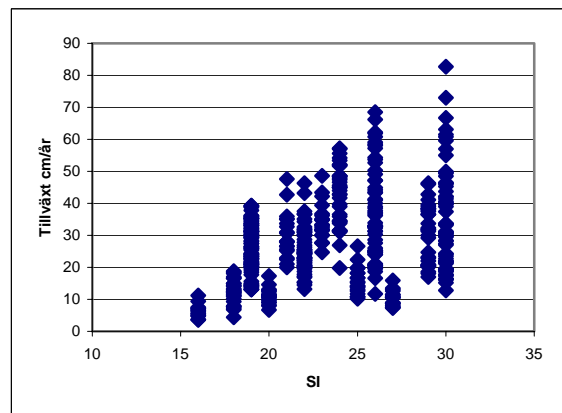
kan det vara rationellare och enklare att använda respektive trädslags medelvärden som mått på Dstubbh130 eller årsdifferens. Frågan om enkelhet kan även gälla komplicerade modeller med många ingående variabler korsade och ”nested”, exv. modellen Gran (3). Även metoden att först använda modeller på nivå 1 eller 2 för att få ett mått på Dstubbh130 för att från denna gräns beräkna medelårsringsbredder att använda i nivå 3-modeller. Dessa i övrigt rekommendabla modeller ger förvisso hög förklaringsgrad, men det kan upplevas som ett invecklat beräknande där komplexiteten eventuellt överstiger nyttan och medelvärden kan vara ett tillräckligt gott mått. Medelvärdena kan också ersättas med medianvärdena. Det gäller speciellt årsdifferensen för gran där det är en skillnad på 2.5 år mellan de båda värdena. Känner man uppkomststället kan medelvärden för årsdifferansen och Dstubbh130 även hämtas från bilaga 4.

Påverkan av andra variabler och faktorer

SI är uppenbarligen ingen bra källa för att beskriva träds grovleksutveckling i unga år. Boniteten, en ståndorts naturgivna förmåga att producera virkesvolym översatt till ett ståndortsindex, är mer relaterat till längdutveckling. Jämfört med höjdtutvecklingskurvor där brösthöjdsålder och trädhöjd eller interceptlängd anger ett SI, stämmer SI även i denna undersökning bättre med trädens längdtillväxt vilket kan ses i figur 7, där tendensen visar ökande årlig längdtillväxt med ökande SI med något undantag för gran. Den årliga genomsnittliga längdtillväxten i figuren är beräknad för hela trädets, alltså inte bara mellan stubb- och brösthöjd vilket denna undersökning gäller. Inverkan av SI återspeglas på sätt och vis också i modellerna. I Dstubbh130-modellerna används SI i tre modeller medan det används i fem årsdifferensmodeller. Årsdifferensen är jämförelsevis mer direkt påverkad av trädets längdtillväxt i unga år.



Figur 7a. Tall.



Figur 7b. Gran.

Figur 7a och 7b visar sambandet mellan SI och trädens genomsnittliga längdtillväxt per år. Genomsnittlig längdtillväxt beräknad som total trädhöjd dividerat med total stubbålder ger ett mått på årlig höjdtutveckling, anges i cm/år.

Andra faktorer som kan påverka trädets både grovleks- och längdutvecklingen upp till brösthöjd, som inte beaktades var: små SI-skillnader inom objektet och bestånd, övrig konkurrens av gräs lövsly gammal hyggesrens, skärm/fröträd (hur tätt och hur länge stod de), plantmaterial (olika provenienser, barrot/täckrot och förädlade plantor kan påverka), grunda jorddjup märks inte på unga träd med små rotsystem som ännu ej "nått botten", lokalt klimat, frost och predation. De flesta av dessa faktorer kan inte användas som variabler då de inte finns tillgängliga vid avverkningstillfället. Aspekt, markens lutningsriktning, kan kanske påverka något beroende på nord- eller sydsluttning. Det är en lättillgänglig och konstant variabel, men har inte beaktats i undersökningen.

Träden i undersökningen är hämtade från bestånd som är ganska likartade åldersmässigt. Det kan därför ha inverkan på plantmaterial, klimat, växthuseffekt, kvävenedfall osv. Förhållandena för andra bestånd kan alltså skilja sig åt från undersökningsmaterialet beroende på när i tiden träden växt eller växer upp till brösthöjd.

Felkällor

Materialet täcker in en stor del av Sverige, dock saknas ytterligheter. Det finns inga mätningar gjorda norr om 64: e eller söder om 57: e breddgraden vilket kan vara en brist. Ytterligheter saknas också vad gäller altituder. I de fall det finns altituder som skiljer sig från de vanligast förekommande är det oftast frågan om några enstaka bestånd på den altituden, ej någon komplett undersökning med alla sökta SI och uppkomstsätt. Tar man det till yttre gränser för skogen, exv. extrema höjdlägen eller kustnära skog, rör det sig i dessa fall inte om några större avverkningsvolymmer. Passar inte modellerna för sådana förhållanden får det finnas överseende med det.

Altituden har positiv inverkan på förklaringsgraden för modellerna Tall (1), Tall (2) och Gran (5). Har altituden ingått i temperatursumman har det blivit för högt P-värde eller lägre förklaringsgrad för dessa modeller, latituden ger här inte någon ökad förklaring. Temperatursumman används dock i flera andra granmodeller. I undersökningen har höjden över havet varit ganska likartad för många objekt. Trots detta ger altituden alltså förklarande effekt på Dstubb130 och årsdifferens, i sig själv eller ingående i temperatursumman.

En viss försiktighet att använda modeller som bygger på variabeln altitud påtalas härmed pga. den något begränsade altitudvariationen i materialet. Som komplement till översiktlig data i tabell 1 och 2 ges i tabellen nedan altitudbegränsningar i materialet för respektive uppkomstsätt och trädslag. Att använda modeller med altitud som indata, som ligger utanför redovisade min- och maxvärden kan ge missvisande resultat på Dstubb130 och årsdifferens. Se även bilaga 7.

Tall	Minvärde m ö h	Maxvärde m ö h
Plantering	70	355
Självföryngring	47	260
Skärmföryngring	175	220
Gran		
Plantering	47	300
Självföryngring	200	320
Skärmföryngring	110	220

Eftersom variabeln altitud kom att ingå i flera modeller kan det ha varit en god idé att söka större spridning på detta mått, utan att det behöver röra sig om ytterligheter. Med facit i handen skulle kanske fler altituder kunnat ingå vid alla undersökta breddgrader. Det var endast vid 64:e breddgraden det aktivt söktes efter olika höjdlägen. Trots det blev variationen på olika höjdlägen vid denna breddgrad blev inte så stor som förhoppningen var. Även variationen vad gäller SI vid denna breddgrad blev mindre än det som var avsikten. Exempelvis har uppkomstsättet planterad gran vid den högre altituden i stort sätt samma SI för alla inmätta objekt. Det finns naturligtvis större variation men fanns inte i lämplig ålder och storlek på träden, speciellt inte inom Vindelns försökspark, heller inte hos Sveaskog i närheten av Vindeln. Det skulle med bättre planering och eventuellt med mer preciserade krav på bestånd kunnat bli bättre. Exempelvis kan Sveaskog säkert erbjuda den önskade variationen, men inte just runt Vindeln. Då hade bestånd fått sökas på längre avstånd därifrån.

En subjektivt vald yta som utgjorde objektet i varje utvalt bestånd kan vara lite godtyckligt. Det var viktigt att objektet verkligen blev en representativ del av beståndet. Flera objektivt utvalda provytor per bestånd skulle kunna varit ett alternativ. Det skulle givit ett slumpvis urval av objekt, och om objekten innehållit lika många träd som i undersökningen ha givit ett större antal träd som underlag. 397 tallar och 465 granar kan möjligen upplevas som något få, trots att modellerna blev signifikanta. Det ska ställas mot ökad tidsåtgång och ett större antal nedsågade träd.

Uppkomstsätten gav i vissa fall upphov till viss tveksamhet, det gäller främst skärmföryngring. För tall är detta ett ovanligt föryngringssätt. Därför finns endast två skärmföryngrade tallobjekt i hela undersökningen. Dessa kanske inte skulle ha varit med alls i undersökningen då skärmen i dessa fall inte avvecklats inom rimlig tid, alternativt hade materialet för skärmföryngrad tall kunnat ingå i materialet för självföryngrad tall i stället. Skärmen stod i de två avdelningarna fortfarande kvar trots att de nya bestånden var över 35 år gamla, det kan ha påverkat Dstubb130 och årsdifferens. Modellerna för skärmföryngrad tall kan pga. detta också vara ”smala” vad gäller användningsområde. De är byggda på två objekt med likartade SI och altitud. Blir förutsättningarna annorlunda jämfört de i materialet kan modellerna ge missvisande mått på Dstubb130 och årsdifferens därför rekommenderas att bortse från dessa modeller, se även bilaga 7. På

lämpliga granmarker är skärmföryngring dock en bra föryngringsmetod om den sköts rätt. Även bland granskärmföryngringarna fanns något exempel där skärmen stod kvar trots att det var länge sedan man gjorde skärnhuggningen. Skillnaden mellan skärmföryngring och naturlig föryngring med fröträd är möjligen heller inte helt klar. En skärm är per definition tätare, > 150 träd per hektar, än en fröträdställning. En viss ”skärmeffekt”, där fröträden tar ljus och näring från det nya beståndet kan säkert ändå uppstå i en fröträdställning närmast under fröträden, vilket kan påverka trädens tillväxt upp till brösthöjd. Vidare kan väl de flesta skärmföryngrade bestånd också kallas naturligt självföryngrade? Det kan hända att man planterar den nya skogsgenerationen under en skärm. Begreppen är inte helt glasklara och det finns gråzoner mellan uppkomstsätten och förhållandena inom dessa. I denna undersökning är föryngringarna under skärm tillkomna naturligt, icke planterade. Självföryngrad gran på marker med lågt SI blev inte alltid helt enligt förväntningarna på beståndet. Dessa objekt kom i några fall att hamna på marker som kan betraktas som ”rena” tallmarker. Skulle dessa bestånd röjas eller gallras är inte gran det framtida huvudträdslaget. Det är bland dessa skärmföryngrade och självföryngrade granobjekt man hittar största årsdifferenserna. Förmodligen pga. att skärmträden ”hindrat” god utveckling upp till brösthöjd bland inmätta träd i skärmföryngringarna och det låga SI:et i kombination med fel trädslag på fel mark i självföryngringarna. Det är en anledning till varför medianvärden angivits för Dstubh130 och årsdifferens i tabell 1 och 2. Medianvärdet kan vara ett bättre mått speciellt för granens årsdifferens i de fall modellerna inte används för beräkning utan något medelvärde används i stället. Även här hade en mer preciserad definition av sökta bestånd vad gäller exv. SI varit bra. Nu söktes lågt, mellan och högt SI för respektive trädslag och uppkomstsätt. Det kan ha varit en något för trubbig sökdefinition. SI är också relativt beroende på latitud. Exempelvis kan en G20 bedömmas som ett mellan eller högt SI på 64: e breddgraden, medan samma SI bedöms som lågt på den 57: e breddgraden.

I vissa unga bestånd var träden så korta att man inte kunde mäta in ca 20 stycken för objektet inom ”normal” radie. Trots att det oftast var en bra ungskog fick man söka efter träd som räckte till höjdmässigt, med en stor objektsradie som följd. Här kan viss missvisning eventuellt förekomma då de inmätta träden är de största och högsta i beståndet. Om detta förhållande håller i sig beståndets vidare utveckling kan de inmätta träden vara de största även i framtiden, därför kan i dessa objekt saknas framtida medhärskande och undertryckta träd. Detta gäller för sju objekt (2, 23, 32, 39, 40, 43, 50). När bestånden var så unga blev det heller inte någon yttre medelårsringsbredd att beräkna. I dessa var trädens brösthöjdsålder oftast bara ett år. Det innebär att det är den yttersta årsringen i stubbhöjd som är liktydigt med Dstubh130, frånsett årets tillväxande årsring som uteslutits vid mätningarna. På dessa träd fanns alltså ingenting utanför Dstubh130 att beräkna yttre medelårsringsbredd på.

Mätfel kan naturligtvis finnas för Dstubh130 då det skulle anges på tiondels millimeter. Mätfel kan ha uppkommit på grund av, kåda på trädet och skjutmättet, ej raka sågsnitt, fnasiga sågsnittytter, ovalitet, otydliga skillnader mellan vår och sommarved, tätvuxenhet (svårt att se och räkna årsringar trots användande av lupp på extremt tätvuxna träd främst skärmföryngringar), mm. Mätfelen som kan ha förekommit har troligen inte påverkat

modellerna. Det rör sig i förekommande fall förmodligen högst om några tiondels millimeter. Vad som ibland blev upphov till problem och justeringar var då ett grenvarv fanns precis i brösthöjd eller stubbhöjd. Problemet bestod i tre saker. Dels att erhålla rätt brösthöjdsålder vilken styr Dstubh130- gränsen i stubben, dels att erhålla rätt årsdifferens, dels att erhålla riktigt mått på Dstubh130 om grenvarvet fanns i stubbskåret. För att justera detta mättes stubb- och brösthöjden en gång till för eventuell korrektion, att hitta precis rätt frögroningspunkten att mäta ifrån är inte alltid helt självklart. Justeringarna gav troligtvis mer riktiga mått på Dstubh130 och årsdifferens, än om mätningarna hade gjorts i grenvarvet. Denna exakthet om stubbhöjd är knappast gällande vid avverkning heller. Där kan stubbhöjden variera betydligt mer än justeringarna gjorde här.

Referenser

Litteratur

Anon. 1999. *Instruktion för fältarbete vid Riksskogstaxeringen*. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Umeå.

Bengtsson, K. Björklund, L. Wennerholm, H. 1998. Värdeoptimerat virkesutnyttjande. *Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skog-Industri-Marknad-studier*. Rapport 50. Uppsala.

Håkansson, M. (Red.). 2000. *Skogsencyklopedin*. Sveriges Skogsvårdsförbund, Stockholm.

Hägglund, B. 1972. Om övre höjdens utveckling för gran i norra Sverige. *Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion*. Rapporter och uppsatser nr 21. Stockholm.

Hägglund, B. 1973. Om övre höjdens utveckling för gran i södra Sverige. *Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion*. Rapporter och uppsatser nr 24. Stockholm.

Hägglund, B. 1974. Övre höjdens utveckling i tallbestånd. *Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion*. Rapporter och uppsatser nr 31. Stockholm.

Hägglund, B. & Lundmark, J.-E. 1987. *Handledning i bonitering med skogshögskolans boniteringssystem del 1 & 2*. 3:e tryckningen. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Morén, A-S. Perttu, K. 1995. Regionala klimatindex – Verktyg för bestämning av skogsproduktion. *Fakta skog 13*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Olsson, U. & Engstrand, U. 2001. *Statistics for Biologists I*. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för biometri. Uppsala.

Wilhelmsson, L. Arlinger, J. Brunberg, T. Rehnberg, O. Jönsson, A. Miller, J. Nylinder, M. Duchesne, I. Spångberg, K. 2000. Vedsortering för bättre pappers- och kartongprodukter. *Redogörelse 4, Skogforsk*, Uppsala.

Wilhelmsson, L. 2001. Characterisation of Wood Properties for Improved Utilisation of Norway Spruce and Scots Pine. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria 216*. Doctoral Thesis. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Personligt meddelande

Elfving, B. 2003. Institutionen för skogsskötsel, Umeå. 090-786 58 60

Edlund, J. Institutionen för Skogens Produkter och Marknader, Uppsala. 018-67 24 88

Ekbohm, G. Institutionen för Biometri och Informatik, Uppsala. 018-67 17 95

Lundgren, C. Institutionen för Skogens Produkter och Marknader, Uppsala. 018-67 24 73

Wilhelmsson, L. Skogforsk, Uppsala. 018-18 85 55

Internet

<http://www.regent.qc.ca> 2004-01-02.

<http://statdist.its.uu.se/sas/SASOnlineDocV8/sasdoc/sashtml/onldoc.htm> 2003.

Bilagor

Bilaga 1: Objekt

Bilaga 2: Beståndsbeskrivning

Bilaga 3: Fältformulär

Bilaga 4: Detaljdata

Bilaga 5: Statistisk metodik

Bilaga 6: ANOVA-tabeller och SAS-program

Bilaga 7: Hjälpstabeller

Bilaga 1

Objekt

57:e breddgraden

Tall

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Vitthult T26 250 möh. Obj.48	Asa, Karlgrundsvägen G30 el. T26 240 möh. Obj.45	Ingatorp T30 190 möh. Obj.38
Självföryngrad	Asa, Hökasjövägen T24 230 möh. Obj.39	Asa, Lokevägen G24 el. T25 210 möh. Obj.43	
Skärmföryngrad			

Gran

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Asa, Hökasjövägen G26 230 möh. Obj.41	Asa, Brittelundsvägen G29 230 möh. Obj.44	Asa, Brotsahemsvägen G30 240 möh. Obj.47
Självföryngrad	Asa, Lokevägen G24 210 möh. Obj.42	Asa, Hökasjövägen T24 el. G26 230 möh. Obj.40	Asa, Toppakull G30 270 möh. Obj.46
Skärmföryngrad		Asa, Tolgränsen G26 200 möh. Obj.50	Hermanstorp G30 200 möh. Obj.49

60:e breddgraden

Tall

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Älvdalen, Bössbo T22 355 möh. Obj.15	Siljansfors, Davalvägen T24 230 möh. Obj.10	Siljansfors, Davalvägen T26 255 möh. Obj.8
Självföryngrad	Siljansfors, Lavarsdamm T16 220 möh. Obj.5	L-100, Vadet, L-100 T23 47 möh. Obj.3	Siljansfors, Davalvägen T26 255 möh. Obj.7
Skärmföryngrad	Siljansfors, Skogsmuseet T20 220 möh. Obj.9		

Gran

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Siljansfors, Malungsväg G22 265 möh. Obj.6	Siljansfors, Nickobacken G24 285 möh. Obj.13	L-100, Vadet, L-100 G29 47 möh. Obj.4
Självföryngrad	Siljansfors, Harkenberget T18 el. G18 320 möh. Obj.14		Siljansfors, Davalvägen T26 el. G29 255 möh. Obj.11
Skärmföryngrad	Siljansfors, Ryssån G20 220 möh. Obj.12	Avesta G25 120 möh. Obj.2	Avesta G27 110 möh. Obj.1

64:e breddgraden högre höjd

Tall

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Vindeln, Kulbäcksliden T20 300 möh. Obj.18	Vindeln, Åheden T20 175 möh. Obj.26	Vindeln, Renberget G22 el. T23 200 möh. Obj.16
Självföryngrad	Vindeln, Åheden T16 175 möh. Obj.20	Vindeln, Aggberget T19 260 möh. Obj.28	Vindeln, Aggberget T21 200 möh. Obj.37
Skärmföryngrad	Vindeln, Åheden T18 175 möh. Obj.25		

Gran

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Vindeln, Kulbäcksliden T20 el. G19 300 möh. Obj.21	Vindeln, Hägglund G19 225 möh. Obj.23	Vindeln, Aggberget G19 270 möh. Obj.27
Självföryngrad		Vindeln, Kulbäcksliden T19 el. G18 270 möh. Obj.29	Vindeln, Flakastugan G22 250 möh. Obj.19
Skärmföryngrad	Vindeln, Åheden T18 el. G16 175 möh. Obj.24	Vindeln, Bjännsjön T20 el. G19 200 möh. Obj.31	

64:e breddgraden lägre höjd

Tall

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Vindeln, Rismyrbrånet T20 70 möh. Obj.35	Vindeln, Vänfors G19 el. T21 125 möh. Obj.32	
Självföryngrad		Vindeln, Bjännsjön T19 200 möh. Obj.30	Vindeln, Hägglund T21 180 möh. Obj.22
Skärmföryngrad			

Gran

Uppkomstsätt \ SI	Lågt	Mellan	Högt
Planterad	Vindeln, Rismyrbrånet T20 el. G19 70 möh. Obj.34	Vindeln, Rismyrbrånet T22 el. G21 70 möh. Obj.36	Vindeln, Vänfors T24 el. G23 110 möh. Obj.33
Självföryngrad			Vindeln, Renberget G22 200 möh. Obj.17
Skärmföryngrad			

Bilaga 2

Beståndsbeskrivning

En beskrivning över de områden och avdelningar där objekten är utlagda och mätningar gjorda. En beskrivning av var objekten finns geografiskt med ägare, avdelningsnummer och ett namn på någon närliggande väg eller ort. En kort beståndshistorik om det fanns någon sådan tillgänglig, här kan även andra observationer gjorda i fält som eventuellt kan vara av betydelse finnas med.

Som markägare anges i vissa fall, för enkelhets skull, Sveriges lantbruksuniversitets försöksparker även om de i sig inte äger marken där försöksparken är belägen.

Objekt 1

Markägare: Sveaskog (AssiDomän).

Beläget: Avesta, Klingbovägen. Avd. 3. Skogforsks försöksyta Avesta 3.

Historik: Avverkat 1995. Skärm lämnad.

Objekt 2

Markägare: Sveaskog (AssiDomän).

Beläget: Avesta, Myrsjövägen. Avd. 131. Skogforsks försöksyta Avesta 1.

Historik: Avverkat 1996. Skärm lämnad.

Objekt 3

Markägare: Holmen Skog.

Beläget: Region Iggesund, distrikt Uppland. Långhundra, Vadet. Avd. 4028.

Historik: Avverkat 1987, markberedning 1987, fröträd lämnade och avverkade 1996, röjning 2003.

Objekt 4

Markägare: Holmen Skog.

Beläget: Region Iggesund, distrikt Uppland. Långhundra, Vadet. Avd. 3426

Historik: Avverkat 1987, Plantering 1988 Vitebsk 2/2 barrot, röjning 2003.

Objekt 5

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Lavarsdamm. Avd. 249.

Historik: Avverkat 1964, fröträd ställda 1964-1979, hyggesbränt 1964, röjt 1984, 1989 och 2001.

Objekt 6

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Malungsvägen. Avd. 644.

Historik: Avverkat 1989, markberedning 1991, plantering gran 1992, röjning 2003

Objekt 7

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Davalvägen. Avd. 592.

Historik: Avverkat 1982, markberedning 1984, plantering tall 1985, de planterade tallarna är borttröjda i demonstrationssyfte att ge plats åt självföryngrade tallar i en mindre del av avdelningen, röjning 1994 och 1999.

Objekt 8

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Davalvägen. Avd. 592.

Historik: Avverkat 1982, markberedning 1984, plantering tall 1985, röjning 1994 och 1999.

Objekt 9

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Skogsmuseet. Avd. 301.

Historik: Avverkat 1963, fröträd/skärm sparad

Objekt 10

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Davalvägen. Avd. 577.

Historik: Avverkat 1982, markberedning 1984, plantering tall 1985, röjning 1994 och 1999.

Objekt 11

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Davalvägen. Avd. 592.

Historik: Avverkat 1982, markberedning 1984, plantering tall 1985, röjning 1994 och 1999. Gran självföryngrad.

Objekt 12

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Ryssån. Avd. 195.

Historik: Ljushuggning (gallring) 1962. Skärmen sparad.

Objekt 13

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Nickobacken. Avd. 81.

Historik: Avverkat 1989, markberedning 1991, plantering 1991.

Objekt 14

Markägare: Siljansfors försökspark.

Beläget: Harkenberget vändplan. Avd. 289.

Historik: Avverkat 1964, fröträd lämnade och avvecklade 1979. Gran självföryngrad i ett talldominerat bestånd.

Objekt 15

Markägare: Älvdalens besparingsskog

Beläget: Bössbo, Skogforsks avkommeprövningsförsök: S22F871B1

Historik: Se försöksbeskrivning S22F871B1

Objekt 16

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark.

Beläget: Renberget. Avd. 147

Historik: Skogforskförsök på delar av hygget.

Objekt 17

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark.

Beläget: Renberget. Avd. 73

Historik:

Objekt 18

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark, Kulbäcksliden.

Beläget: Gamm-Nybrännan. Avd.189

Historik: Planterat 1988, gran och tall varannan rad på vissa delar inom avdelningen.

Objekt 19

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark, Kulbäcksliden.

Beläget: Flakastugan. Avd.31.

Historik:

Objekt 20

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark.

Beläget: Åheden. Avd. 126

Historik: Kallt område "Frostyta" vilket fläckvis knappt föryngrat sig alls på 50 år

Objekt 21

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark, Kulbäcksliden.

Beläget: Gamm-Nybrännan. Avd.189

Historik: Planterat 1988, gran och tall varannan rad på vissa delar inom avdelningen.

Inom detta objekt är det enbart gran planterad.

Objekt 22

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Svartberget, Storkludden. Avd. 470

Historik:

Objekt 23

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Svartberget, Hägglund. Avd. 761

Historik:

Objekt 24

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark.

Beläget: Åheden. Avd. 139

Historik: Gles ca 110-årig tallskogsskärm där det växer självföryngrad tall och gran.

Objekt 25

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark.

Beläget: Åheden. Avd. 139

Historik: Gles ca 110-årig tallskogsskärm där det växer självföryngrad tall och gran.

Objekt 26

Markägare: Vindeln, Svartbergets försökspark.

Beläget: Åheden. Avd. 137

Historik:

Objekt 27

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Aggberget, Tegsnäset. Avd. 60

Historik:

Objekt 28

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Aggberget, Tegsnäset, Ängeskälen. Avd.210

Historik:

Objekt 29

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Kulbäcksliden, Kälen. Avd. 500

Historik:

Objekt 30

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Bjännsjön, Bergdalsvägen. Avd.80

Historik:

Objekt 31

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Bjännsjön, Torrbergsmýran. Avd. 480

Historik:

Objekt 32

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Vänfors, Risbölevägen. Avd. 21

Historik: Avverkat 1992, markberedning 1993, plantering gran och tall 1994.

Objekt 33

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Vänfors, Risträsk. Avd. 790

Historik: Avverkat 1992, markberedning 1992, plantering gran och tall 1993.

Objekt 34

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Rismyrbrånet, Bullmark, Kronåsen. Avd. 120

Historik: Markberedning 1994, plantering tall 1994, enl. uppg. även gran trots fåtal granar inom avdelningen.

Objekt 35

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Rismyrbrånet, Bullmark, Kronåsen. Avd. 120

Historik: Markberedning 1994, plantering tall 1994, enl. uppg. även gran trots fåtal granar inom avdelningen.

Objekt 36

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Rismyrbrånet, Heden Bullmark- Sävar. Avd. 431

Historik: Avverkat 1991, markberedning 1992, plantering gran och tall 1993.

Objekt 37

Markägare: Sveaskog, Västerbotten.

Beläget: Aggberget, Kulfors-Degerlund. Avd. 170

Historik:

Objekt 38

Markägare: Linköpings stift.

Beläget: Ingatorp, Skogforsks försök: S21F9211218, inom försöksparcel 8

Historik: Se försöksbeskrivning S21F9211218

Objekt 39

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Hökasjövägen. Avd. 1400

Historik: Avverkat 1991 fröträd sparade, markberedning 1992, fröträd avvecklade 1998.

Objekt 40

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Hökasjövägen. Avd. 1400

Historik: Avverkat 1991 fröträd sparade, markberedning 1992, fröträd avvecklade 1998.

Objekt 41

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Hökasjövägen. Avd. 620

Historik: Avverkat 1989, markberedning 1991, plantering 1992 (vitrysk).

Objekt 42

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Lokevägen. Avd. 380

Historik: Avverkat 1992 fröträd lämnade, markberedning 1994, fröträd avvecklade 2003.

Objekt 43

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Lokevägen. Avd. 380

Historik: Avverkat 1992 fröträd lämnade, markberedning 1994, fröträd avvecklade 2003.

Objekt 44

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Brittelundsvägen. Avd. 290

Historik: Avverkat 1983, markberedning inga uppgifter, plantering 1987 (vitrysk), röjning 2003.

Objekt 45

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Karlgrundsvägen. Skogforsks försök S21F9611260, inom försöksparcel 44

Historik: Se försöksbeskrivning S21F9611260

Objekt 46

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Toppakull. Avd. 853

Historik: Avverkat 1989, självsått.

Objekt 47

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Brotsahemsvägen. Avd. 1600

Historik: Avverkat 1992, markberedning 1993, plantering 1994 (vitrysk), röjning 2002.

Objekt 48

Markägare: Sveaskog, kronopark Vitthult.

Beläget: Ekemålen. Avd. 3

Historik: Planterad tall täckrot, förband ca 1,5 m.

Objekt 49

Markägare: Sveaskog, kronopark Hermanstorp.

Beläget: Hermanstorp. Avd. 1660

Historik: Skärm avvecklad, inom avdelningen finns även planterad gran och lärk.

Objekt 50

Markägare: Asa försökspark.

Beläget: Tolmgränsen. Avd. 122 (SVS)

Historik: Avverkat 1988 skärm sparad, skärmen avvecklad 2000.

Bilaga 3

Fältformulär

Bestånd

Ort.....

Trädslag.....

SI.....

Uppkomstsätt.....

Latitud.....

Altitud.....

Övrigt.....

Objekt

t SL.....
.....

Cirkelradie.....
.....

Totalt
trädantal.....

Trädslagsfördelning.....
.....

Övrigt.....
.....

Fältformulär

Träd	Träd- slag	Brh- Diam.	Brh- ålder	Stubb- Diam.	Stubb- ålder	DStubb130	Års- Diff.	Träd- höjd	Övriga Anm.
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			

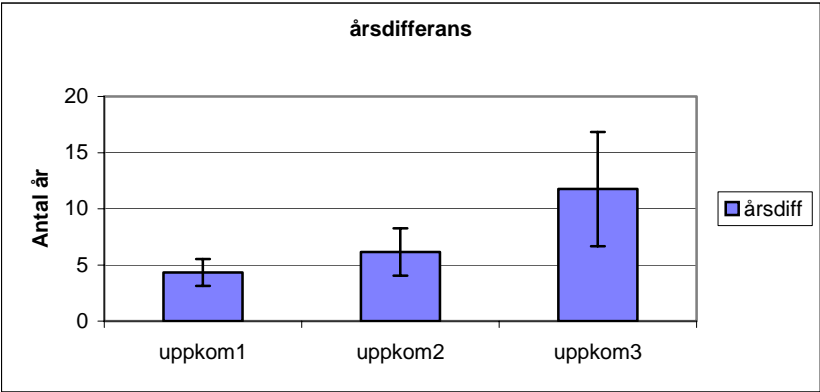
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			
						/			

Bilaga 4

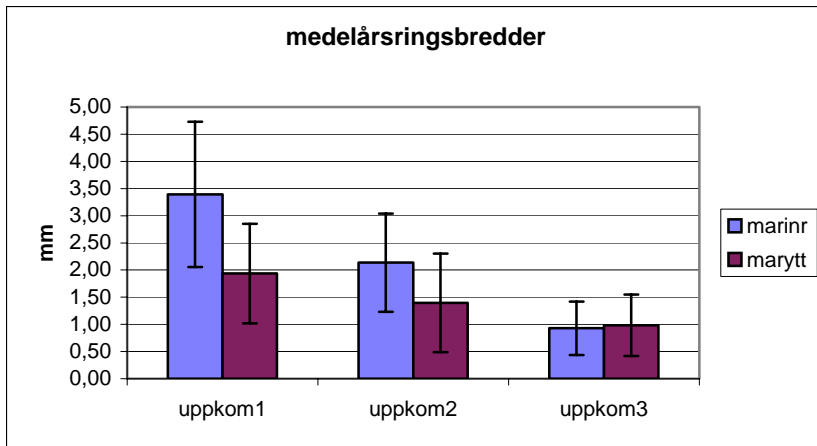
Detaljdata Tall

Felstaplarna i stapeldiagrammen anger +/- en standardavvikelse.

Årsdifferans, inre- och yttre medelårsringsbredd uppdelad per uppkomstsätt



Figur 8.



Figur 9.

Marinr (medelårsringsbredd innanför Dstubb130)

Marytt (medelårsringsbredd utanför Dstubb130)

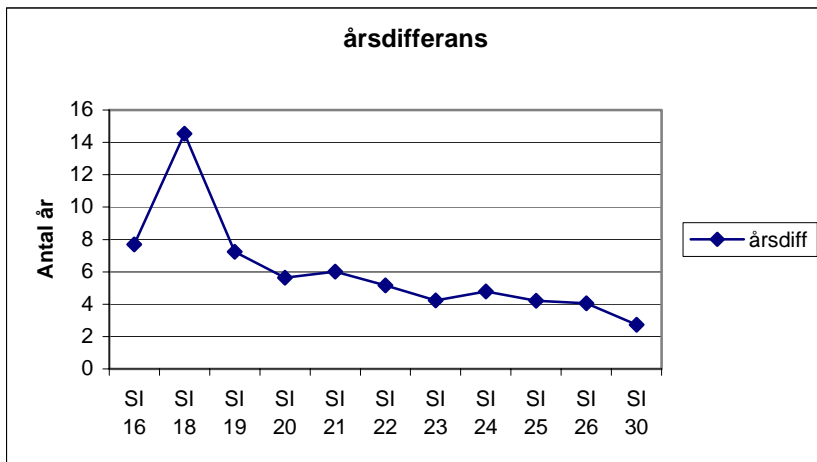
Antal träd per uppkomstätt i materialet. Tall:

Uppkomstätt 1 (Plantering), 187 st

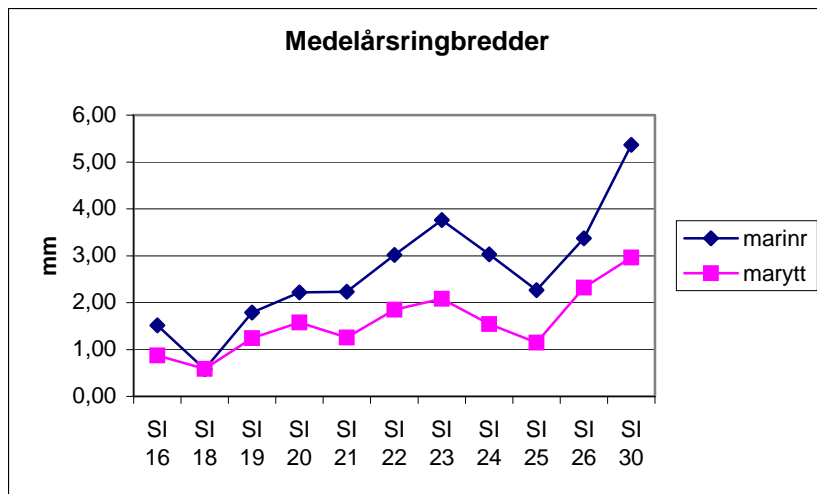
Uppkomstätt 2 (Självföryngring), 181 st

Uppkomstätt 3 (Skärmföryngring), 29 st

Årsdifferans, inre- och yttre medelårsringsbredd uppdelad per SI



Figur 10.

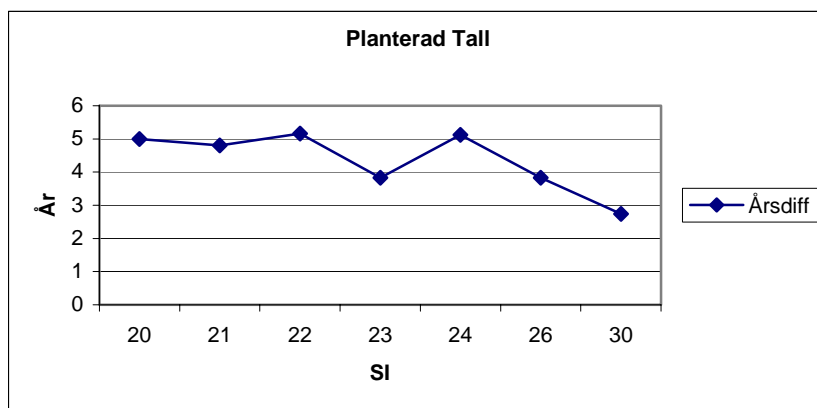


Figur 11.

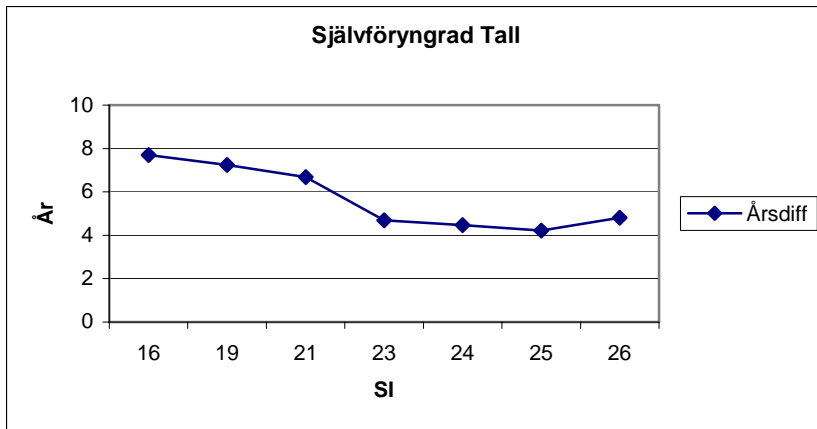
Antal träd per SI i materialet. Tall

SI	Antal	SI	Antal	SI	Antal
16	36	21	57	25	19
18	17	22	19	26	68
19	38	23	34	30	19
20	54	24	36		

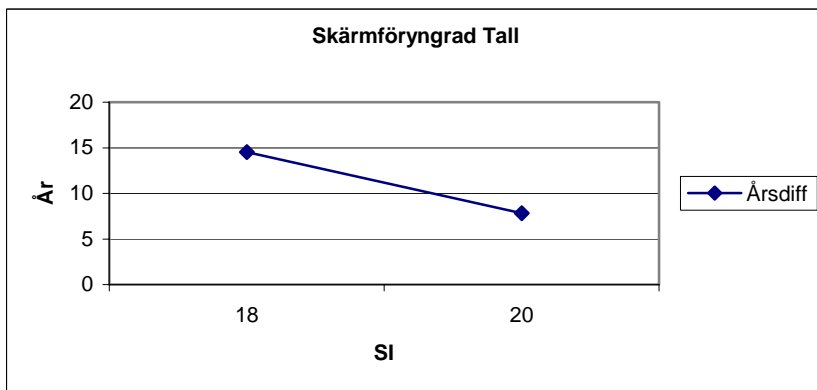
Årsdifferens uppdelad per SI per uppkomstsätt



Figur 12.

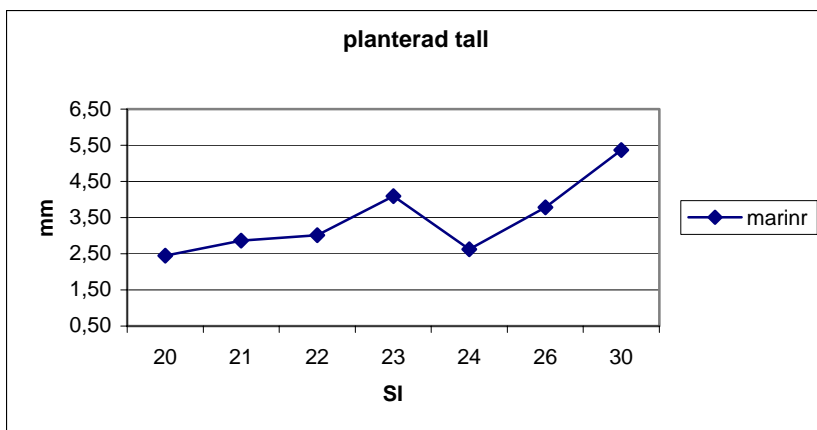


Figur 13.

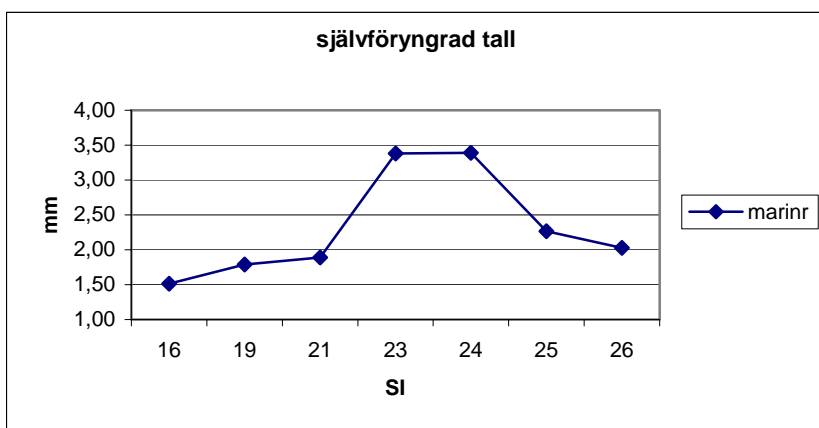


Figur 14.

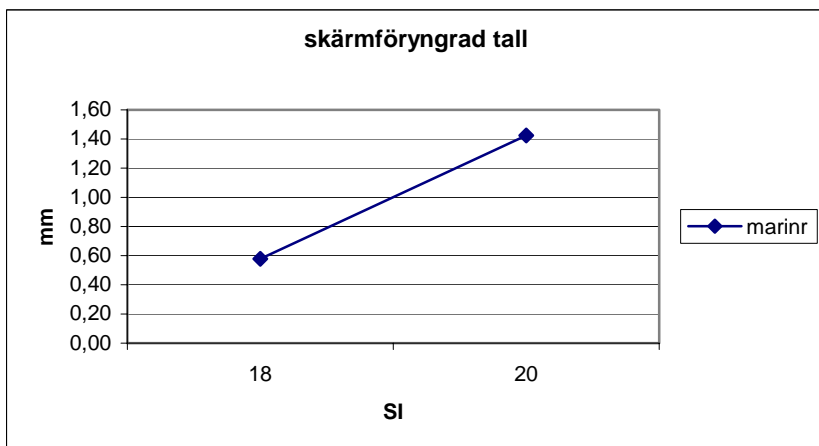
Inre medelårsringsbredd uppdelad per SI per uppkomstsätt



Figur 15.

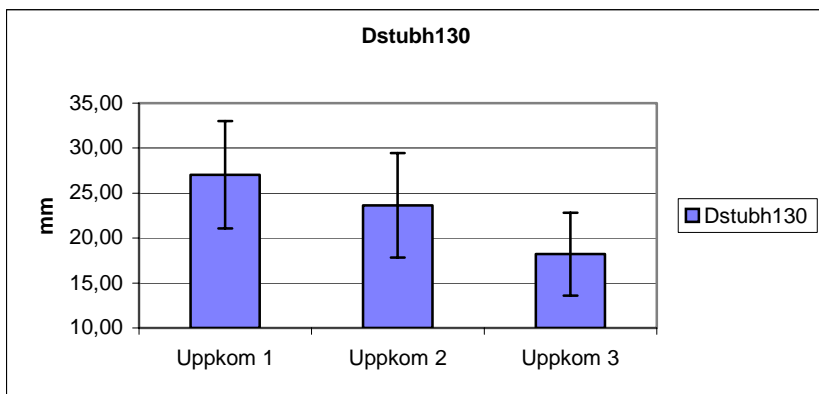


Figur 16.



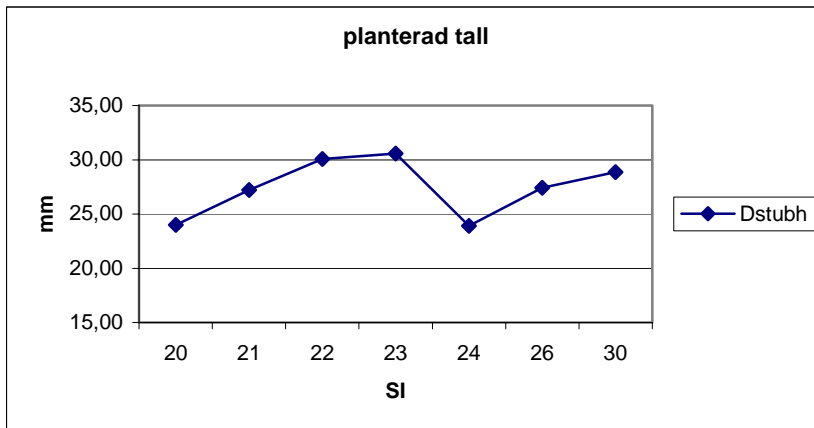
Figur 17.

Dstubh130 per uppkomstsätt

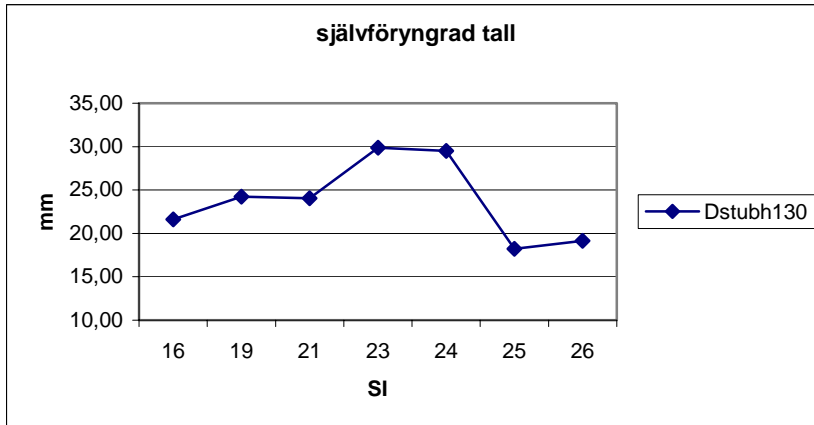


Figur 18.

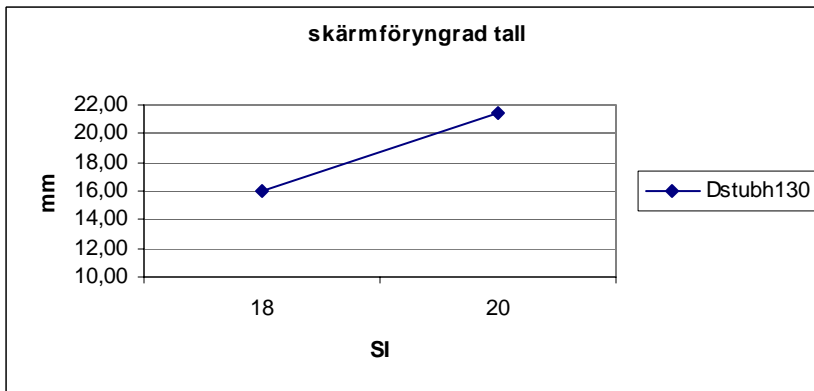
Dstubh130 uppdelad per SI och uppkomstsätt



Figur 19.



Figur 20.

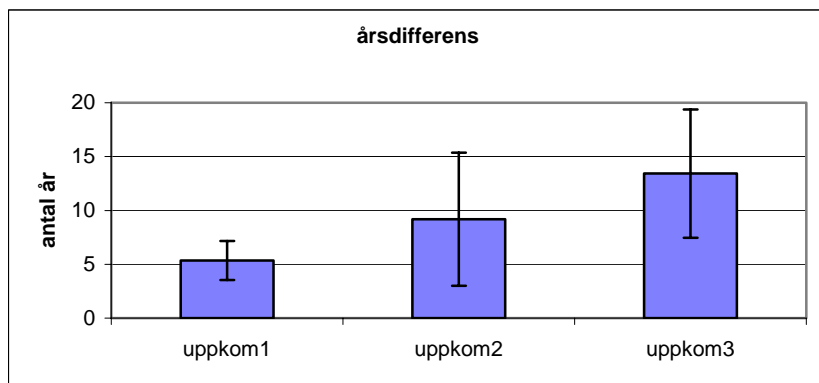


Figur 21.

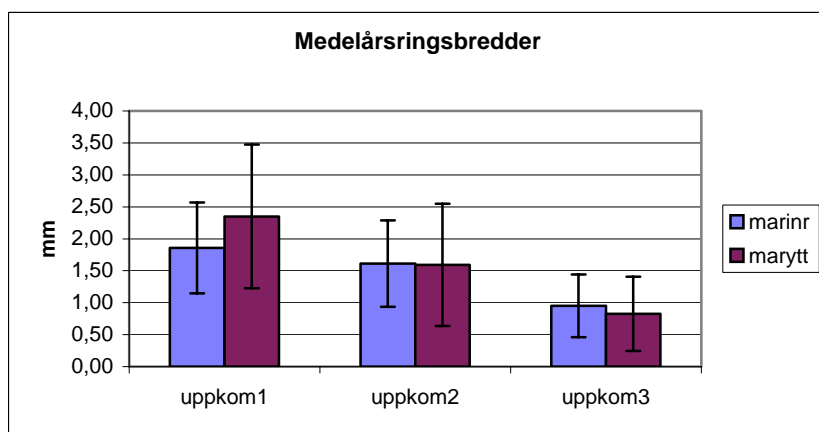
Detaljdata Gran

Felstaplarna i stapeldiagrammen anger +/- en standardavvikelse.

Årsdifferans, inre- och yttre medelårsringsbredd uppdelad per uppkomstsätt



Figur 22.



Figur 23.

Marinr (medelårsringsbredd innanför Dstubb130)

Marytt (medelårsringsbredd utanför Dstubb130)

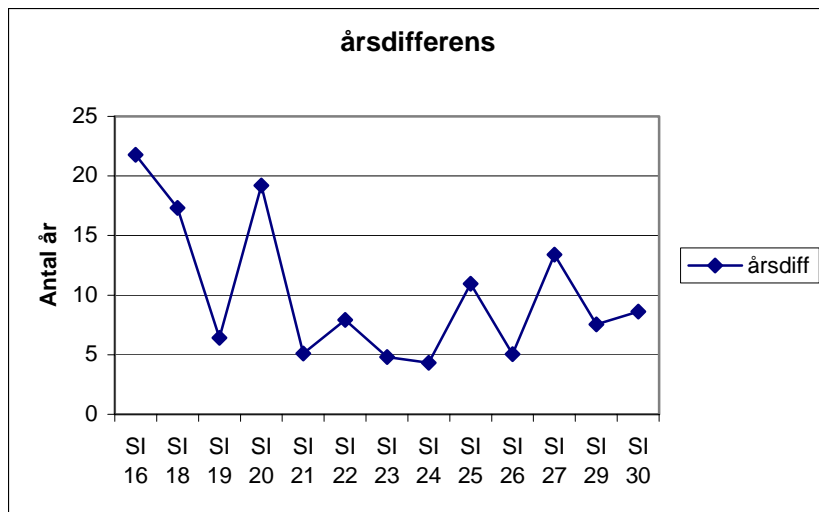
Antal träd per uppkomstsätt i materialet. Gran:

Uppkomstsätt 1 (Plantering), 215 st

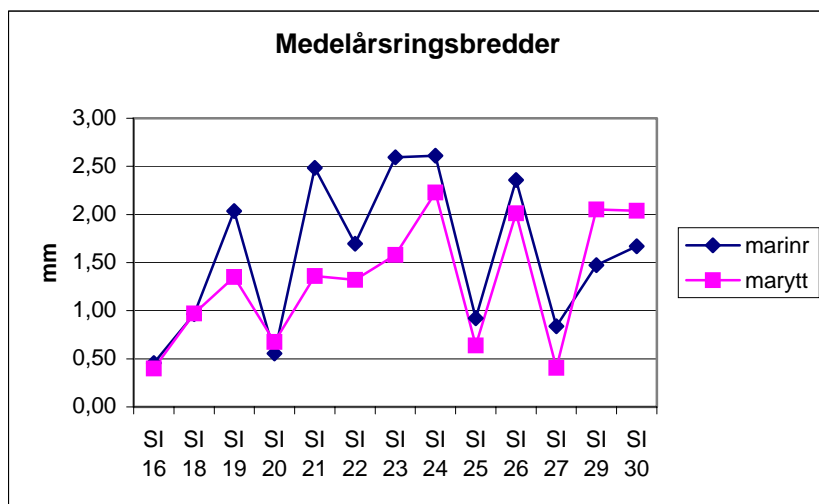
Uppkomstsätt 2 (Självföryngring), 128 st

Uppkomstsätt 3 (Skärmföryngring), 122 st

Årsdifferans, inre- och yttre medelårsringsbredd uppdelad per SI



Figur 24.

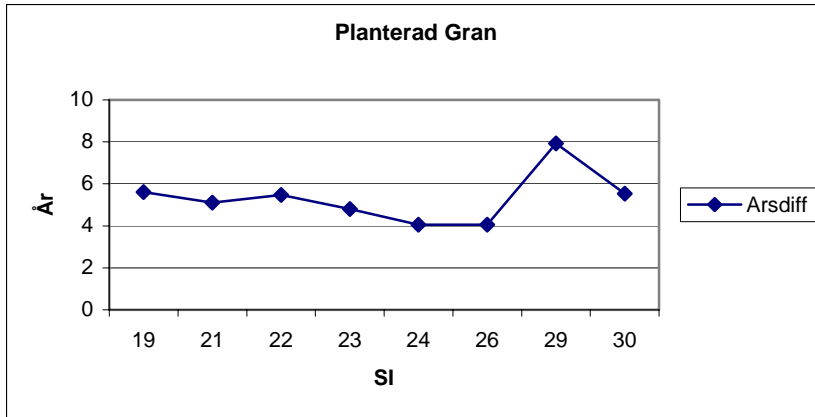


Figur 25.

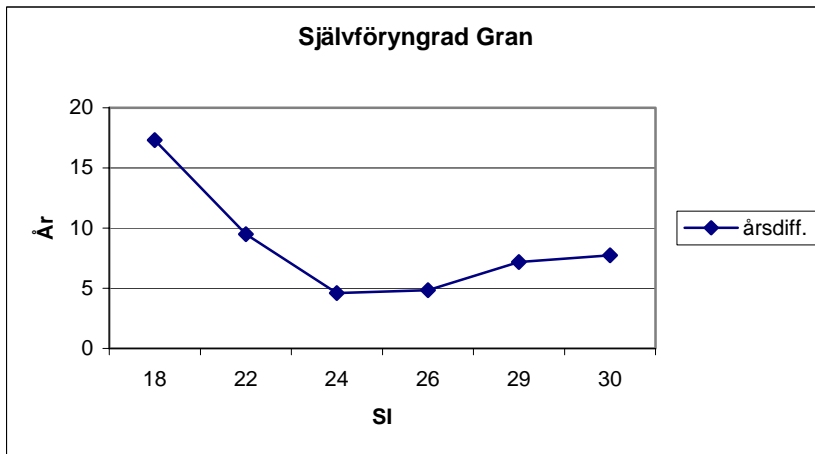
Antal träd per SI i materialet. Gran

SI	Antal	SI	Antal	SI	Antal
16	13	22	54	27	17
18	26	23	20	29	31
19	84	24	36	30	67
20	19	25	19		
21	20	26	59		

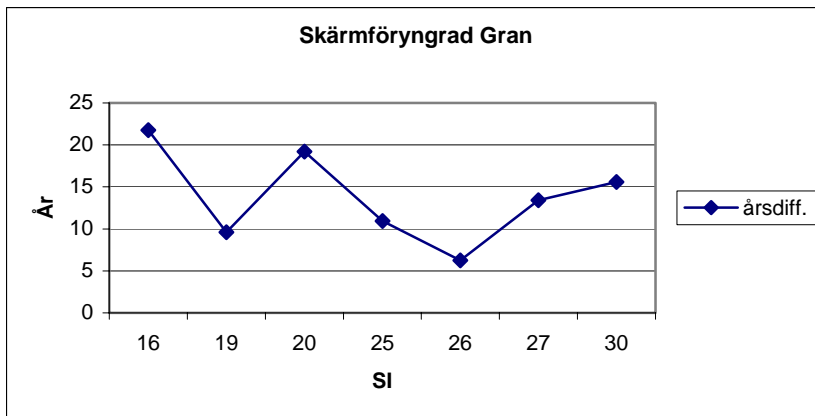
Årsdifferens uppdelad per SI och uppkomstsätt



Figur 26.

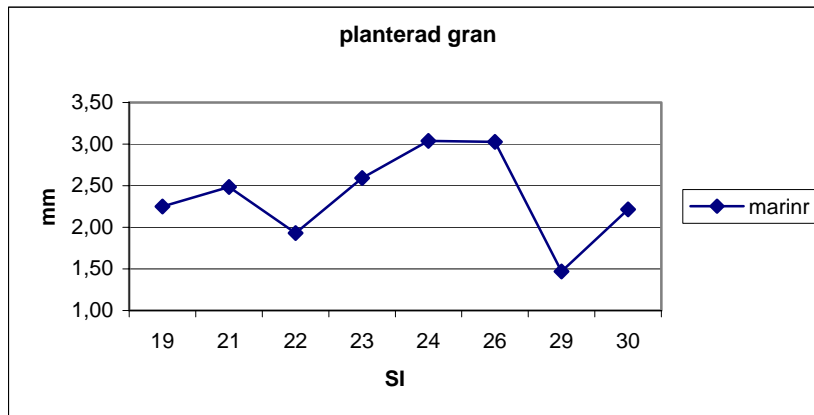


Figur 27.

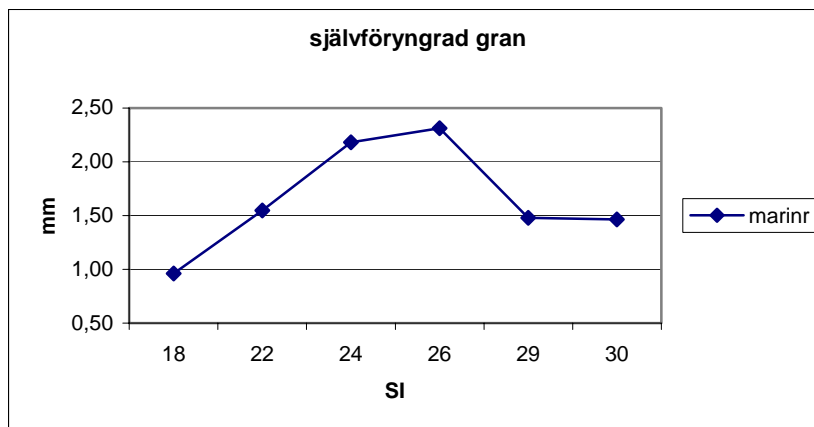


Figur 28.

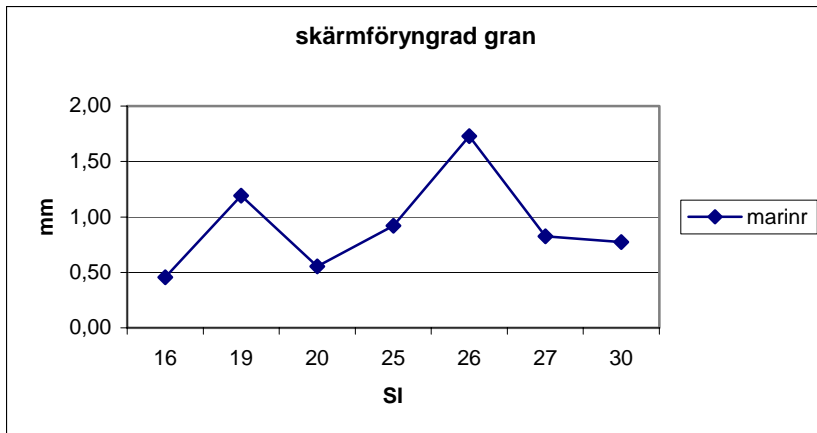
Inre medelårsringsbredd uppdelad per SI per uppkomstsätt



Figur 29.

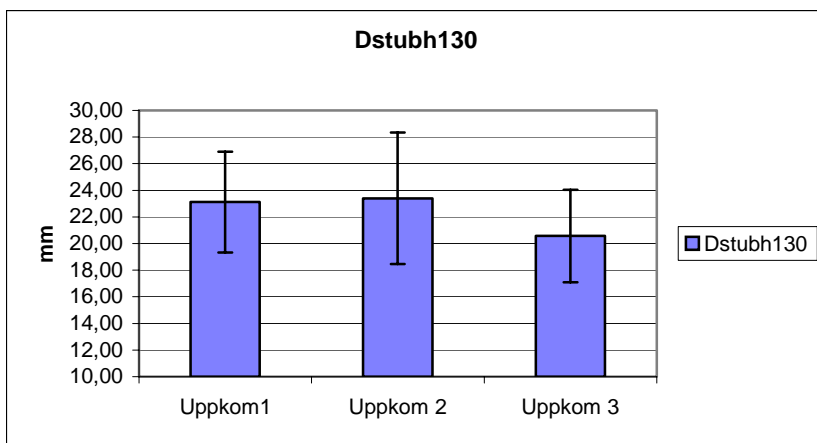


Figur 30.



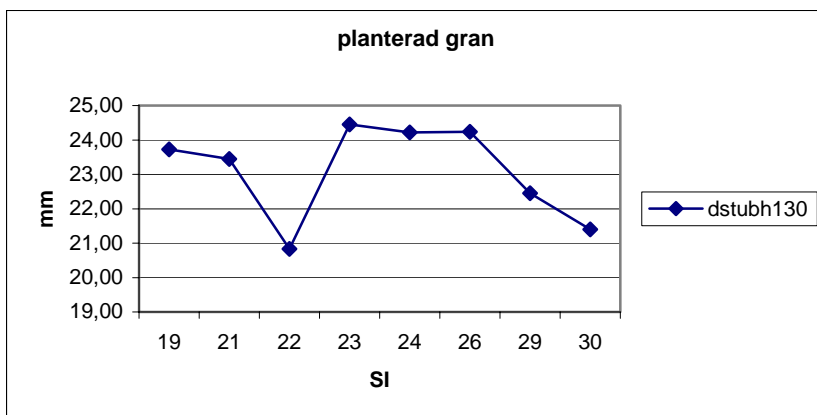
Figur 31.

Dstubh130 per uppkomstsätt

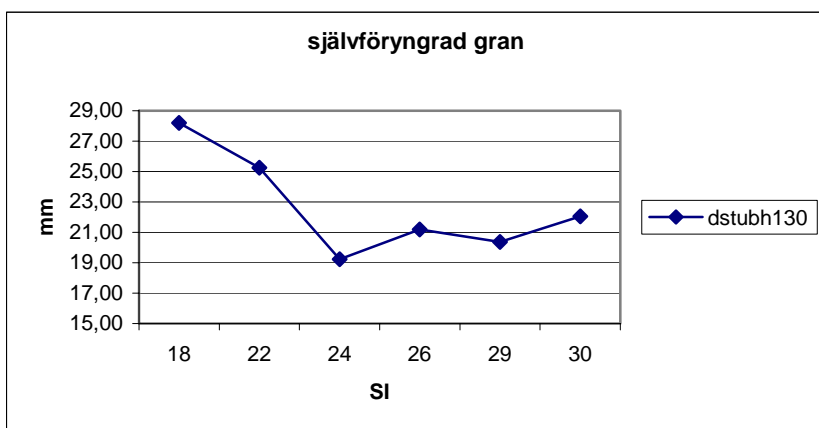


Figur 32.

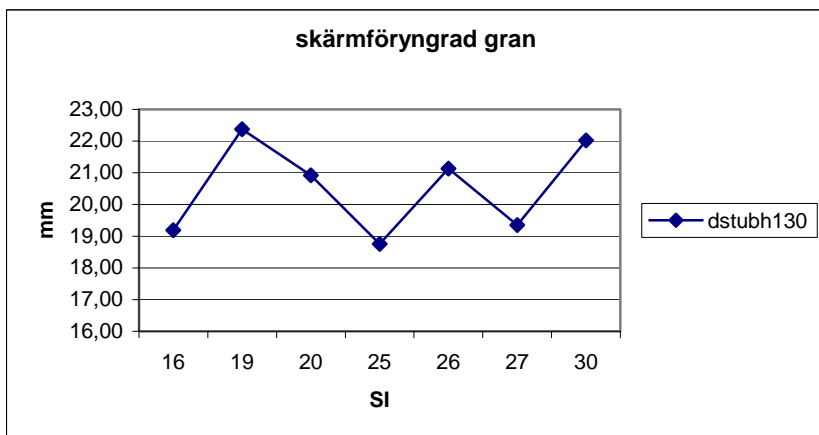
Dstubh130 uppdelad per SI och uppkomstsätt



Figur 33.




Figur 34.



Figur 35.

Bilaga 5

Statistisk metodik

 ANOVA-tabell, se exempel nedan, delas upp vad som kan förklaras av de oberoende variablerna (model) och vad som inte kan förklaras, ett slumpvis fel (error). "Model" beräknas som medelvärdet på den beroende variabeln baserat på observationerna för en specifik nivå av en oberoende variabel minus det gemensamma medelvärdet på den beroende variabeln, ett s.k. "grand mean", beräknat från alla ingående nivåer på den oberoende variabeln. "Error" beräknas som varje inom en försöksyta avläst värde minus medelvärdet för denna försöksyta. Samtliga "Model" och "Error" kvadreras och summeras över alla observationer. Då erhålls Sum of Squares model (SSm), Sum of Squares error (SSe) och Sum of Squares total (SS_t). I ANOVA-tabellen finns också antalet frihetsgrader (D.f) för Model, Error och Total. Dessa beräknas i allmänhet som antalet ingående termer i summan av kvadraterna minus antalet linjära begränsningar som finns för termerna. Frihetsgraderna för Total är N (vilket är totalt antal observationer) minus begränsningen SS_t = 0. För Model är a (antalet ingående variabler) minus begränsningen SS_m = 0. Frihetsgraderna för Error är N minus begränsningen a . SS_m och SSe dividerat med respektive frihetsgrader ger Mean Square model (MS_m) och Mean Square error (MSe). MS_m och MSe är estimatorer av variansen. Av speciellt intresse är MSe som är estimator av residualvariansen och ger ett mått på oförklarlig variation i datan. I denna siffra efterstängs låga värden vilket indikerar att modellen "passar bra" för undersökningen. P-värdet ($\Pr > F$) visar om det är någon signifikant skillnad mellan medelvärdena på den beroende variabeln, baserat på olika nivåer hos den oberoende variabeln. Hypotesen att det är samma medelvärde för alla nivåer kan förkastas om P-värdet är lägre än 0.05. Det för att räknas som signifikant i ett 95 % -igt konfidensintervall. Är P-värdet högre kan man inte med tillräckligt stor säkerhet påstå att de olika nivåernas medelvärden är skilda från varandra.

Exempel på Anovatabell

Källa	D.f	SS	MS	F	Pr>F
Model	$a - 1$	SS _m	MS _m	MS _m /MSe	
Error	$N - a$	SS _e	MSe		
Total	$N - 1$	SS _t			

Andra värden som inte finns i tabellen, men beräknas med hjälp av den är:
R-square (R^2) beräknas som SS_m/SS_t och är ett mått på hur stor del av variationen i datan som kan förklaras med hjälp av modellen. Denna siffra kan anta ett värde mellan 0 och 1. Ju högre värde desto mer förklarar modellen.

Kvadratroten ur MSe, är beräkningen för standardavvikelsen för modellen. Det är ett estimat för standardavvikelsen för residualen.

Variationskoefficienten, CV, är ett mått på hur stor del, i procent, standardavvikelsen är av den beroende variabelns medeltal.

Vid jämförelse av olika modeller och hur bra de passar jämförs R^2 - eller MSe-värdet mellan modellerna. MSe-värdet är enligt Ekbohm (2003) ett bättre värde att jämföra än R^2 , speciellt om olika försök jämförs. I denna undersökning analyseras samma data i olika modeller och R^2 ger därmed ett bra mått på bäst passande modell. R^2 kan annars ha en tendens att bli högre ju fler variabler som används i modellen, ju mer komplex den blir, utan att MSe för den skull blir just något lägre.

För att rättfärdiga en variansanalys krävs att fyra antaganden är uppfyllda vid analys av residualerna.

1. Normalitet, normalfördelade residualer.
2. Lika varians mellan residualerna.
3. Oberoende mellan residualerna.
4. Modellen är giltig.

Hypoteser i Anova är giltiga bara om det kan antas att observationerna inom varje försöksyta är normalfördelade. Det är det samma som att residualerna i analysen för försöksytan är normalfördelade. För att se denna normalfördelning, eller avvikelser från densamma, är ett sätt att grafiskt plotta datan (residualerna) för varje försöksyta. Effektivare är att plotta residualerna för hela försöket på en gång för att se om det följer en normalfördelning.

Om variansen är lika mellan alla försöksytor är lika eller inte kan upptäckas vid en residualplott. Om residualerna är slumpvis spridda råder samma varians i alla försöksytor. Följer de däremot ett "mönster" och formar en tratt kan man anta att variansen ökar med ökat prediktera värde och är olika mellan försöksytorna. Om variansen är olika kan det genom att logaritmera, kvadrera eller på annat sätt transformera den beroende variabeln stabilisera variansen.

Oberoende mellan försöksytorna och därmed också oberoende mellan residualerna kan upptäckas om residualerna plottas i nummerordning enligt hur de observerats. Är de slumpvis spridda råder oberoende mellan dem. Följer de däremot någon sekvens eller bildar ett mönster är det ett tecken på beroende mellan objekten.

Tre sorters giltiga modeller har använts i denna undersökning. Den första modellen är envägsmodell med bara en oberoende variabel. Den andra är en hierarkisk modell, då försöket är "nested". Det innebär att en oberoende variabel har nya nivåer (exempelvis nya försöksytor) för varje nivå på någon annan oberoende variabel. I denna undersökning det uppkomstsättet som är "nested" i andra variabler, dvs. nya objekt för varje uppkomstsätt med olika nivåer av exv. SI. Den tredje modellen för denna undersökning är lämplig för försök där olika faktorer är kombinerade inom samma experiment s k. Tvåvägs faktorial experiment. Faktorerna undersöks dels var för sig och dels som korsade med varandra för att se om de påverkar varandra inbördes.

De olika modellerna har följande form:

$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$. $i = 1 \dots a$; $j = 1 \dots b$; Envägs modell.

$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_{ij} + e_{ijk}$. $i = 1 \dots a$; $j = 1 \dots b$; $k = 1 \dots n$. Hierarkisk modell.

$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_i + \alpha b_{ij} + e_{ijk}$. $i = 1 \dots a$; $j = 1 \dots b$; $k = 1 \dots n$. Två-vägs faktorial modell.

För alla modellerna gäller att y_{ijk} är den beroende variabeln som ska beskrivas på bästa vis. μ är ett medelvärde där samtliga medelvärden beräknat från de olika nivåerna på den oberoende variabeln räknats samman till ett s.k. "grand mean". α_i och b_{ij} är oberoende variabler som har någon förklarande effekt på den beroende variabeln. Dessa är skillnaden mellan medelvärdet för en specifik nivå på den oberoende variabeln och μ . α_i och b_{ij} kan därför sägas vara effekten av den specifika nivån. e_{ijk} är en residual för oförklarad slumpvis fel. Det antas oftast att residualernas varians är lika med populationsvariansen, att den är oberoende och normalfördelad. ijk är nivåer inom varje variabel.

För en estimator är vissa egenskaper önskvärda, men inte absolut nödvändiga exempelvis unbiasedness \approx neutralt värde. De estimat som produceras bör ligga någorlunda "nära" parametervärdet. En estimator \hat{O} av en parameter är unbiased om det förväntade värdet $E(\hat{O}) = \hat{O}$. Exempel, det kan visas att $E(X) = \mu$, dvs. ett provurvals medelvärde är en unbiased estimator av populationens medelvärde μ .

Bilaga 6

Anovatabeller och SAS-program

Program för beräkning av variabler och anpassning av insamlad data.

Gemensam för alla modeller

```
data use;
set work.test;
dstubh=(dstubh1+dstubh2)/2;
marinr=((dstubh/2)/arsdiff);
test=brhald-(stubbald-arsdiff);
if test ne 0 then delete;
marytt=((stubbdia/2)-(dstubh/2))/(stubbald-arsdiff);
maryttbh=(brhdia/2)/brhald;
stampha=10000*stamant/(3.1416*radie**2);
tempsum=4922-60.4*latitud-0.837*altitud;
tillv=tradhojd/stubbald;
run;
proc sort;
by tradslag;
run;
proc means;
var objnr radie stampha tall gran lov tradnr tradnr latitud altitud si brhdia brhald stubbdia
stubbald dstubh1 dstubh2 arsdiff tradhojd
dstubh marinr marytt tillv arsdiff;
by tradslag;
class;
run;
proc sort;
by tradslag;
```

Dstubh130 modeller

Modell Tall 1.

```
data work.talldata;
set work.use;
if tradslag ne 1 then delete;
run;
proc glm data=work.talldata;
class uppkom tradslag;
model dstubh=si altitud si*altitud/solution;
output out=tall1 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=tall1;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DSTUBH

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1525.06343917	508.35447972	14.09	0.0001
Error	393	14179.40913010	36.07992145		
Corrected Total	396	15704.47256927			
	R-Square	C. V.	Root MSE	DSTUBH Mean	
	0.097110	24.17974	6.00665643	24.84168766	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	1043.15130612	1043.15130612	28.91	0.0001
ALTI TUD	1	8.38668927	8.38668927	0.23	0.6300
SI * ALTI TUD	1	473.52544379	473.52544379	13.12	0.0003

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	703.11075580	703.11075580	19.49	0.0001
ALTI TUD	1	480.89035291	480.89035291	13.33	0.0003
SI * ALTI TUD	1	473.52544379	473.52544379	13.12	0.0003

Modell Tall 2.

```

data work.talldata;
set work.use;
if tradslag ne 1 then delete;
run;
proc glm data=work.talldata;
class uppkom tradslag;
model dstubh=uppkom altitud(uppkom)/solution;
output out=tall2 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=tall2;
var resi;
run;

```

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DSTUBH

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	3455.87944943	691.17588989	22.06	0.0001
Error	391	12248.59311984	31.32632511		
Corrected Total	396	15704.47256927			
	R-Square	C. V.	Root MSE	DSTUBH Mean	
	0.220057	22.53065	5.59699251	24.84168766	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	2434.07988278	1217.03994139	38.85	0.0001
ALTI TUD(UPPKOM)	3	1021.79956665	340.59985555	10.87	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	690.07121657	345.03560828	11.01	0.0001
ALTI TUD(UPPKOM)	3	1021.79956665	340.59985555	10.87	0.0001

Modell Tall 3.

```
data work.talldata;
set work.use;
if tradslag ne 1 then delete;
run;
proc glm data=work.talldata;
class uppkom tradslag;
model dstubh=marinr marytt marinr*marytt/solution;
output out=tall3 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=tall3;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DSTUBH

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	7849.54063912	2616.51354637	130.91	0.0001
Error	393	7854.93193015	19.98710415		
Corrected Total	396	15704.47256927			
	R-Square	C. V.	Root MSE	DSTUBH Mean	
	0.499828	17.99674	4.47069392	24.84168766	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MARI NR	1	7442.43565524	7442.43565524	372.36	0.0001
MARYTT	1	50.81141713	50.81141713	2.54	0.1116
MARI NR*MARYTT	1	356.29356675	356.29356675	17.83	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MARI NR	1	3346.60676541	3346.60676541	167.44	0.0001
MARYTT	1	127.37797552	127.37797552	6.37	0.0120
MARI NR*MARYTT	1	356.29356675	356.29356675	17.83	0.0001

Modell Gran 1.

```
data work.grandata;
set work.use;
if tradslag ne 2 then delete;
run;
proc glm data=work.grandata;
class uppkom tradslag;
model dstubh=si tempsum si*tempsum/solution;
output out=gran1 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=gran1;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: DSTUBH					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1046.08028100	348.69342700	22.25	0.0001
Error	461	7224.81504158	15.67204998		
Corrected Total	464	8270.89532258			
	R-Square	C. V.	Root MSE	DSTUBH Mean	
	0.126477	17.57574	3.95879401	22.52419355	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	393.08516559	393.08516559	25.08	0.0001
TEMPSUM	1	534.56498102	534.56498102	34.11	0.0001
SI * TEMPSUM	1	118.43013439	118.43013439	7.56	0.0062
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	83.13910567	83.13910567	5.30	0.0217
TEMPSUM	1	243.96169770	243.96169770	15.57	0.0001
SI * TEMPSUM	1	118.43013439	118.43013439	7.56	0.0062

Modell Gran 2.

```
data work.grandata;
set work.use;
if tradslag ne 2 then delete;
run;
proc glm data=work.grandata;
class uppkom tradslag;
model dstubh=uppkom tempsum(uppkom)/solution;
output out=gran2 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=gran2;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: DSTUBH					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	1757.54178401	351.50835680	24.77	0.0001
Error	459	6513.35353857	14.19031272		
Corrected Total	464	8270.89532258			
	R-Square	C. V.	Root MSE	DSTUBH Mean	
	0.212497	16.72425	3.76700315	22.52419355	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	637.76218068	318.88109034	22.47	0.0001
TEMPSUM(UPPKOM)	3	1119.77960333	373.25986778	26.30	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	578.90529426	289.45264713	20.40	0.0001
TEMPSUM(UPPKOM)	3	1119.77960333	373.25986778	26.30	0.0001

Modell Gran 3.

```
data work.grandata;
set work.use;
if tradslag ne 2 then delete;
run;
proc glm data=work.grandata;
class uppkom tradslag;
model dstubh=uppkom si tempsum si*tempsum si(uppkom) tempsum(uppkom)
si*tempsum(uppkom)/solution;
output out=gran3 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=gran3;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: DSTUBH					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2252.62017320	204.78365211	15.41	0.0001
Error	453	6018.27514938	13.28537561		
Corrected Total	464	8270.89532258			
	R-Square	C. V.	Root MSE	DSTUBH Mean	
	0.272355	16.18220	3.64491092	22.52419355	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	637.76218068	318.88109034	24.00	0.0001
SI	1	400.93727948	400.93727948	30.18	0.0001
TEMPSUM	1	234.51697301	234.51697301	17.65	0.0001
SI * TEMPSUM	1	155.87431432	155.87431432	11.73	0.0007
SI (UPPKOM)	2	476.98793661	238.49396831	17.95	0.0001
TEMPSUM (UPPKOM)	2	86.62723802	43.31361901	3.26	0.0393
SI * TEMPSUM (UPPKOM)	2	259.91425107	129.95712553	9.78	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	352.60972735	176.30486367	13.27	0.0001
SI	1	148.37771986	148.37771986	11.17	0.0009
TEMPSUM	1	253.34241528	253.34241528	19.07	0.0001
SI * TEMPSUM	1	166.73286850	166.73286850	12.55	0.0004
SI (UPPKOM)	2	264.26318937	132.13159468	9.95	0.0001
TEMPSUM (UPPKOM)	2	311.87359447	155.93679724	11.74	0.0001
SI * TEMPSUM (UPPKOM)	2	259.91425107	129.95712553	9.78	0.0001

Årsdifferensmodeller

Modell Tall 4.

```
proc glm;
class uppkom tradslag;
model arsdiff=si/solution;
by tradslag;
run;
output out=tall4 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=tall4;
var resi;
run;
```


General Linear Models Procedure

Dependent Variable: ARSDIFF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1108.63006387	1108.63006387	205.14	0.0001
Error	395	2134.63441976	5.40413777		
Corrected Total	396	3243.26448363			
	R-Square	C.V.	Root MSE	ARSDIFF Mean	
	0.341825	40.69215	2.32468014	5.71284635	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	1108.63006387	1108.63006387	205.14	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	1108.63006387	1108.63006387	205.14	0.0001

Modell Tall 5.

```
proc glm;
class uppkom tradslag;
model arsdiff=uppkom si si(uppkom)/solution;
by tradslag;
run;
output out=tall5 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=tall5;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: ARSDIFF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	2141.35842782	428.27168556	151.97	0.0001
Error	391	1101.90605581	2.81817406		
Corrected Total	396	3243.26448363			
	R-Square	C.V.	Root MSE	ARSDIFF Mean	
	0.660248	29.38538	1.67874181	5.71284635	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	1451.15111342	725.57555671	257.46	0.0001
SI	1	406.41877803	406.41877803	144.21	0.0001
SI (UPPKOM)	2	283.78853637	141.89426819	50.35	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	346.67065087	173.33532543	61.51	0.0001
SI	1	425.75816624	425.75816624	151.08	0.0001
SI (UPPKOM)	2	283.78853637	141.89426819	50.35	0.0001

Modell Tall 6.

```
proc glm;
class uppkom tradslag;
model arsdiff=uppkom si marinr si*marinr(uppkom)/solution;
by tradslag;
run
output out=tall6 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=tall6;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: ARSDIFF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	2508.92050734	358.41721533	189.86	0.0001
Error	389	734.34397628	1.88777372		
Corrected Total	396	3243.26448363			
	R-Square	C. V.	Root MSE	ARSDIFF Mean	
	0.773579	24.05041	1.37396278	5.71284635	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	1451.15111342	725.57555671	384.36	0.0001
SI	1	406.41877803	406.41877803	215.29	0.0001
MARI NR	1	231.51267304	231.51267304	122.64	0.0001
SI *MARI NR (UPPKOM)	3	419.83794286	139.94598095	74.13	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	397.07185538	198.53592769	105.17	0.0001
SI	1	70.67534923	70.67534923	37.44	0.0001
MARI NR	1	58.50062764	58.50062764	30.99	0.0001
SI *MARI NR (UPPKOM)	3	419.83794286	139.94598095	74.13	0.0001

Modell Gran 4.

```
proc glm;
class uppkom tradslag;
model arsdiff=si tempsum si*tempsum/solution;
by tradslag;
run
output out=gran4 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=gran4;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: ARSDIFF					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1553.86492247	517.95497416	17.74	0.0001
Error	461	13460.10066893	29.19761533		
Corrected Total	464	15013.96559140			
	R-Square	C.V.	Root MSE	ARSDIFF Mean	
	0.103495	63.38595	5.40348178	8.52473118	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	809.66838232	809.66838232	27.73	0.0001
TEMPSUM	1	421.02374304	421.02374304	14.42	0.0002
SI * TEMPSUM	1	323.17279712	323.17279712	11.07	0.0009
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SI	1	579.52424513	579.52424513	19.85	0.0001
TEMPSUM	1	172.16296165	172.16296165	5.90	0.0156
SI * TEMPSUM	1	323.17279712	323.17279712	11.07	0.0009

Modell Gran 5.

```
proc glm;
class uppkom tradslag;
model arsdiff=uppkom altitud(uppkom)/solution;
by tradslag;
run
output out=gran5 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=gran5;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: ARSDIFF					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	8013.08257344	1602.61651469	105.07	0.0001
Error	459	7000.88301796	15.25246845		
Corrected Total	464	15013.96559140			
	R-Square	C.V.	Root MSE	ARSDIFF Mean	
	0.533709	45.81307	3.90544088	8.52473118	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	5147.33086673	2573.66543336	168.74	0.0001
ALTI TUD(UPPKOM)	3	2865.75170671	955.25056890	62.63	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	2324.05597798	1162.02798899	76.19	0.0001
ALTI TUD(UPPKOM)	3	2865.75170671	955.25056890	62.63	0.0001

Modell Gran 6.

```
proc glm;
class uppkom tradslag;
model arsdiff=uppkom si marinr si*marinr(uppkom)/solution;
by tradslag;
run
output out=gran6 p=predi r=resi;
run;
proc univariate plot data=gran6;
var resi;
run;
```

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: ARSDIFF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	11784.98445693	1683.56920813	238.28	0.0001
Error	457	3228.98113447	7.06560423		
Corrected Total	464	15013.96559140			
	R-Square	C.V.	Root MSE	ARSDIFF Mean	
	0.784935	31.18128	2.65812043	8.52473118	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	5147.33086673	2573.66543336	364.25	0.0001
SI	1	926.23312835	926.23312835	131.09	0.0001
MARI NR	1	3932.60123999	3932.60123999	556.58	0.0001
SI *MARI NR (UPPKOM)	3	1778.81922186	592.93974062	83.92	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
UPPKOM	2	1156.72482681	578.36241340	81.86	0.0001
SI	1	257.33177592	257.33177592	36.42	0.0001
MARI NR	1	442.73485519	442.73485519	62.66	0.0001
SI *MARI NR (UPPKOM)	3	1778.81922186	592.93974062	83.92	0.0001

Bilaga 7

Hjälptabeller

Tabeller för modellerna på nivå 2 och 3, för Dstubh130 och årsdifferens. Ingående värden på de oberoende variablerna är påhittade men är rimliga med avseende på materialet i undersökningen. Värdena finns inom gränserna för vad som anges i tabellerna 1 och 2 med översiktlig data om objekt och träd. Tabellerna visar således "möjliga" värden på Dstubh130 och årsdifferens. Detta för att visa vilka ungefärliga värden man kan förvänta sig med de olika modellerna, som ett slags hjälpmedel för rimlighetsbedömning. Dock kan det för vissa variabler vara snävare gränser och därför ge orimliga värden på Dstubh130 och årsdifferens, vilka anges inom (parentes) eller streckas ---. Det gäller främst för modeller där variablerna altitud (se diskussion) och medelårsringsbredder används. Där är det inom vissa uppkomstsätt för respektive trädslag mer begränsade min- och maxvärden i materialet än de översiktligt angivna i tabell 1 och 2. Det visar för altitudens del att materialet är begränsat och för medelårsringsbredderna på "ovanliga" värden med exv. breda årsringar (gäller främst gran). Tallmodeller med uppkomstsätt 3 (skärmföryngring) har tagits med, men kan bortses ifrån då de bygger på endast två objekt i materialet och är begränsade i sin tillämpbarhet.

Dstubh130 Tall

Nivå 2. Modell Tall (2)

Uppkomstsätt 1. $-5.0466 + 28.652 + 0.0153 \cdot \text{altitud}$

Uppkomstsätt 2. $-5.0466 + 35.334 - 0.0334 \cdot \text{altitud}$

Uppkomstsätt 3. $-5.0466 + 0.1201 \cdot \text{altitud}$

Altitud	50 m ö h	150 m ö h	300 m ö h
Uppkom 1 Dstubh130	24.37 mm	25.90 mm	28.19 mm
Uppkom 2 Dstubh130	28.62 mm	25.28 mm	20.28 mm
Uppkom 3 Dstubh130	0.96 mm	12.97 mm	30.98 mm

Nivå 3. Modell Tall (3)

$$13.447 + 4.6429 \cdot \text{marinr} + 1.2907 \cdot \text{marytt} - 0.5881 \cdot \text{marinr} \cdot \text{marytt}$$

Marinr	1.0 mm	2.0 mm	3.0 mm	4.0 mm	5.0 mm
Marytt	1.0 mm	2.0 mm	3.0 mm	4.0 mm	5.0 mm
Dstubh130	18.79 mm	22.96 mm	25.95 mm	27.77 mm	28.41 mm

Dstubh130 Gran

Nivå 2. Modell Gran (2)

$$\text{Uppkomstsätt 1. } 20.862 + 5.9623 - 0.0035 \cdot \text{tempsum}$$

$$\text{Uppkomstsätt 2. } 20.862 + 18.012 - 0.0144 \cdot \text{tempsum}$$

$$\text{Uppkomstsätt 3. } 20.862 - 0.0003 \cdot \text{tempsum}$$

Tsum dygnsgrader	850	1050	1250
Uppkom 1	23.85 mm	23.15 mm	22.45 mm
Dstubh130			
Uppkom 2	26.63 mm	23.75 mm	20.87 mm
Dstubh130			
Uppkom 3	20.61 mm	20.54 mm	20.49 mm
Dstubh130			

Modellen Gran (3) uteslöts ur denna bilaga pga. dess komplexa form med många estimat.

Årsdifferens Tall

Nivå 2. Modell Tall (5)

$$\text{Uppkomstsätt 1. } 74.794 - 65.287 - 3.3480 \cdot \text{SI} + 3.1294 \cdot \text{SI}$$

$$\text{Uppkomstsätt 2. } 74.794 - 60.663 - 3.3480 \cdot \text{SI} + 2.9676 \cdot \text{SI}$$

$$\text{Uppkomstsätt 3. } 74.794 - 3.3480 \cdot \text{SI}$$

SI	18	20	22	24	26	28
Uppkom 1	5.57 år	5.14 år	4.70 år	4.26 år	3.82 år	3.39 år
Årsdiff.						
Uppkom 2	7.28 år	6.52 år	5.76 år	5.00 år	4.24 år	3.48 år
Årsdiff.						
Uppkom 3	14.53 år	7.83 år	1.14 år	(- 5.56 år)	-----	-----
Årsdiff.						

Nivå 3. Modell Tall (6)

Uppkomstsätt 1. $24.915 - 9.4589 - 0.3682 \cdot \text{SI} - 1.4398 \cdot \text{marinr} + 0.0445 \cdot \text{SI} \cdot \text{marinr}$

Uppkomstsätt 2. $24.915 - 8.3339 - 0.3682 \cdot \text{SI} - 1.4398 \cdot \text{marinr} + 0.0374 \cdot \text{SI} \cdot \text{marinr}$

Uppkomstsätt 3. $24.915 - 0.3682 \cdot \text{SI} - 1.4398 \cdot \text{marinr} - 0.0992 \cdot \text{SI} \cdot \text{marinr}$

SI	19	19	19	23	23	23	27	27	27
Marinr	1 mm	3 mm	5 mm	1 mm	3 mm	5 mm	1 mm	3 mm	5 mm
Uppk. 1 Årsdiff.	7.87 år	6.68 år	5.49 år	6.57 år	5.74 år	4.91 år	5.28 år	4.80 år	4.32 år
Uppk. 2 Årsdiff.	8.86 år	7.40 år	5.94 år	7.53 år	6.37 år	5.21 år	6.21 år	5.35 år	4.49 år
Uppk. 3 Årsdiff.	14.59 år	7.94 år	1.30 år	12.72 år	5.28 år	(- 2.16 år)	10.85 år	2.62 år	(- 5.62 år)

Årsdifferens Gran

Nivå 2. Modell Gran (5)

Uppkomstsätt 1. $10.586 - 4.3409 - 0.00442 \cdot \text{altitud}$

Uppkomstsätt 2. $10.586 - 34.460 + 0.13846 \cdot \text{altitud}$

Uppkomstsätt 3. $10.586 + 0.01614 \cdot \text{altitud}$

Altitud	50 m ö h	150 m ö h	300 m ö h
Uppkom 1. Årsdiff.	6.02 år	5.58 år	4.92 år
Uppkom 2. Årsdiff.	(- 16.95 år)	(- 3.10 år)	17.66 år
Uppkom 3. Årsdiff.	11.39 år	13.01 år	15.43 år

Nivå 3. Modell Gran (6)

Uppkomstsätt 1. $30.921 - 10.101 - 0.4029 \cdot SI - 7.4782 \cdot \text{marinr} + 0.2102 \cdot SI \cdot \text{marinr}$

Uppkomstsätt 2. $30.921 - 2.0156 - 0.4029 \cdot SI - 7.4782 \cdot \text{marinr} + 0.0506 \cdot SI \cdot \text{marinr}$

Uppkomstsätt 3. $30.921 - 0.4029 \cdot SI - 7.4782 \cdot \text{marinr} - 0.0393 \cdot SI \cdot \text{marinr}$

SI	19	19	19	23	23	23	27	27	27
Marinr	1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm
Uppk 1.	9.68 år	6.20 år	2.71 år	8.91 år	6.27 år	3.62 år	8.14 år	6.34 år	4.53 år
Årsdiff									
Uppk 2.	14.73 år	8.22 år	1.70 år	13.32 år	7.01 år	0.70 år	11.91 år	5.80 år	(- 0.31 år)
Årsdiff									
Uppk 3.	15.04 år	6.82 år	(- 0.66 år)	13.27 år	4.89 år	(- 3.49 år)	11.50 år	2.96 år	(- 5.58 år)
Årsdiff									

Uppkomstsätt 1. Plantering

Uppkomstsätt 2. Självföryngring

Uppkomstsätt 3. Skärmföryngring

Marinr: Medelårsringsbredd innanför Dstubh130

Marytt: Medelårsringsbredd utanför Dstubh130